

المؤسسة المصرية العامة للتاليف والنشر
دار الكاتب العربى للطباعة والنشر

شفرة الحياة

دكتور حسن كامل عواض

إهـــــــداء ٢٠٠٩

المرحوم الدكتور/ محمد فتحي أحمد محمد سيد

جمهورية مصر العربية

المكتبة الثقافية

جامعة حرة

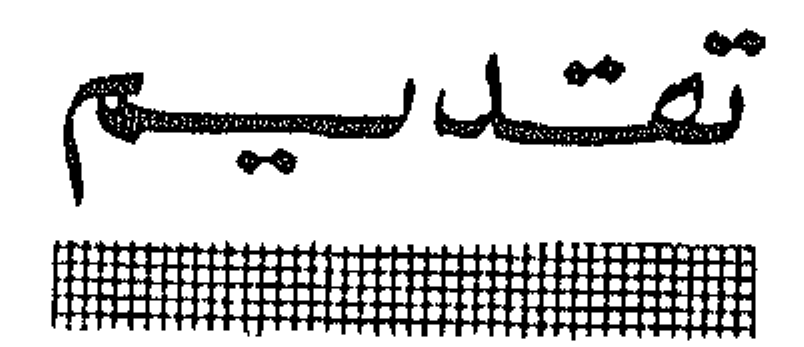
٢

شفرة الحياة

دكتور حسن كامل عواض

دار
الكاتب العربي
للطباعة والنشر
بالقاهرة

وزارة الثقافة
المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر
دار الكاتب العربي للطباعة والنشر



تقديم

يرمى تقديم هذا الكتيب للقارىء العربى الى هدفين : أولهما عرض مبسط لبعض الأحداث العلمية الهامة التى تجرى اليوم فى جبهة العلوم البيولوجية ، وثانيهما أن يتم هذا العرض من خلال ابراز معالم المنهج العلمى الحديث، تلك المعالم التى يرى عدد غير قليل من المخلصين للحركة العلمية أنها لم تعد واضحة تماما فى أذهان الكثير من العاملين فى الحقل العلمى .

وقد تعمدنا أن نقدم المادة العلمية التى يحتويها هذا الكتاب من خلال عرض المنهج العلمى الذى تتم من خلاله عملية الكشف العلمى ، ونحن نعلم أن معالم هذا المنهج نشأت كفصل من فصول الدراسات الفلسفية والمنطقية وما زالت حتى اليوم تدرس فى معاهدنا وجامعاتنا كجزء من الدراسات الانسانية دون أن تدرى بها جمهرة العاملين فى ميدان العلوم الطبيعية ... هذا فى الوقت الذى يرى فيه عدد غير قليل من القادة العلميين أن دراسة المنهج العلمى بطريقة نظامية جادة أصبحت ضرورة ملحة اذا ما

أردنا أن تثمر جهودنا المضنية ورغبتنا التى لا شــك فى اخلاصها فى أن نؤسس تقدمنـا ونمونا على أسس علمية سليمة ... ولذلك فقد تعمدنا ابراز بعض معالم المنهج العلمى الحديث خلال تقديمنا للمحتوى العلمى لفصول هذا الكتاب وقد يبدو هذا الاسلوب شاقا لأول وهلة ... الا أننا نعتقد أن لهذا الأسلوب فضائل ومزايا عديدة :

أولا : ان دراسة المنهج العلمى بطريقة نظامية تزيل الرهبة التى تحيط بعملية الكشــف العلمى فان التتبع السطحى لأخبار العلوم يعطى احساسا خاطئا بأن عملية الكشف العلمى عمل خارق من أعمال العبقرية أو أنهـا وليدة الصدفة النادرة أو الحظ أو الالهام . ولكن دراسة المنهج العلمى ستزيل هذه الأوهام فسرعان ما سندرك أن عملية الكشف العلمى ان هى فى واقع الأمر الا تطبيــق منظم لقواعد ليس من العســير أن يقوم بدراستها طالب العلم المبتدىء فضلا عن أن يطبقها فان طبيعة العمل العلمى الحديث قد أنهت عصر البطولات العلمية الخارقة فقد انتهت بالفعل الحقبة التى كانت تهبط فيها أفكار الكشوف العلمية كالالهام أثناء استحمام العلمـاء أو شرودهم أو مراقبتهم لسقوط الثمار من الشجر ، فالعمل العلمى اليوم يتم من خلال الاستخدام المنظم لقواعد المنهج ويتحقق من خلال الاستعمال الواعى للتكنيك العلمى الحديث يقوم به فريق متكامل من العاملين ...

ثانيا : قد أوردنا عددا من الأمثلة فى هذا الـكتاب

تعد شاهدا على ما يمكن أن يكتسبه الجهد العلمى المبذول من فاعلية وكفاءة اذا ما اهتدى هذا الجهد بنور منهج علمى واضح المعالم كنقيض لما يسود العديد من ميادين النشاط العلمى الراهن من أسلوب العمـــل المسحى اللاهث وراء الأشتات والجزئيات وقد تعمـدنا اختيار عدد من المواقف العلمية تتميز بالتعقيد البـالغ وبالتعدد الهائل للمتغيرات السائدة فى الظاهرة التى يتناولها البحث ، ثم بينا الخطوات الذكية الفطنة التى اتخذها العلمـــاء المسلحون بأساليب منهجية فعالةلشق الطريق وسط مئاتالتفاصيل للوصول الى القلب النابض للظاهرة البيولوجية ولتحقيق الكشف العلمى المذهل الواحـــد تلو الآخر ، كل ذلك يتم بأقل مجهود ممكن وبسلسلة من التجارب القصـــيرة الرشيقة كلها مستمدة من نسيج منطقى واحد٠٠٠ان ابراز مسالك الكشف العلمى هذه لا يقل اثارة عن ابراز نتائج الكشف نفسها ، فهذه النتائج قد تعوزها الدقة أو يجانبها الصواب ولكن أسلوب العمل يظل جادا وفعالا أبدا ويظل دائمـا محتويا على قوى الخلق والابداع ٠٠٠

ان مثل هذا الأســلوب فى عرض نتائج البحوث العلمية لخليق بأن يبعث فى نفوسنا الايمان بالعلم ويرسى قواعد الاعتقاد بأن أعقد مشاكل الحيـاة قابلة للتنـاول العلمى المنظم ٠٠ ونحن فى سباقنا مع التخلف فى أشد الحاجة لأن نزيد من ايماننـا بالطاقة الكامنة فى العمل العلمى كما أنه من الحيوى أن نستثمر ما نبذل من جهود

علمية لتعطينا أعلى درجة من الكفاءة لا تتحقق بالعفوية والعمل المسحى بل بالاستخدام المنظم للمنهج العلمى ·

ثالثا : ان الاستخدام المنظم لقواعد المنطق الصورى والاستقراء المنطقى يميز العمل العلمى فى أكثر فروع العلوم الطبيعية تقدما فى الآونة الأخيرة وان ابراز هذا الاستخدام كسمة رئيسية من معالم المنهج العلمى من شأنه أن يزيل الانقسام المصطنع القائم اليوم بين العلوم الطبيعية من ناحية والفلسفة وعلم المنطق من ناحية أخرى ، ومن شأنه أيضا أن يعيد للثقافة وحدتها ، تلك الوحدة التى فتتتها اعتبارات تقسيم العمل والتخصص ، فمن العسير اليوم أن نصنف البحوث البيولوجية تصنيفا جامدا ففيها من الفزياء قدر ما فيها من كيمياء ورياضيات وعلوم الاحصاء ، كل هذا يتم فى أكثر البحوث البيولوجية اثارة ، من خلال نسيج منطقى صريح وواضح المعالم يعيد للأذهان أيام كانت العلوم الطبيعية الابن البكر للفكر الفلسفى ·

الفصل الأول

البحوث البيولوجية بين المنهج والتكنيك

اهتمام الانسان بالكائنات الحية وبظواهر الحياة اهتمام قديم لارتباطها الوثيق بمصادر غذائه ومقومات وجوده وصحته ، وبتعامله مع صنوف الحيوان والنبات الضار منها والنافع ، ولارتباط هذا كله بسد حاجاته المادية أو درء الأخطار والأمراض عنه ·

وبالرغم من هذا الاهتمام القديم الا أن الدراسات النظامية لهذه الكائنات لم تبدأ الا منذ ثلاثة قرون فحسب، ففى القرن الثامن عشر قام علماء البيولوجيا بدراسات تصنيفية لأنواع النبات والحيوان المعروفة لهم فى ذلك الوقت وأثمرت جهودهم الشاقة المضنية وضع الاطار العام لتقسيم المملكتين النباتية والحيوانية المعروف لدى طلاب العلوم البيولوجية اليوم ، وتقدم علماء هذا القرن كذلك باحدى النظريات العلمية الهامة فى علم الحياة وهى نظرية وراثة الصفات التى يكتسبها الأفراد أثناء حياتهم

التى اقترحها لامارك وآخرون والتى ما زالت تثير الجدل حولها حتى الآن •

وقدم علماء القرن التاسع عشر أكثر نظريات علم البيولوجيا تأثيرا وشهرة وهى نظرية التطور التى قدمها داروين وولاس والتى ربطت بين أشتات المملكة الحيوانية فى سلسلة تطورية وارتقائية واحدة ، واقترحت التفسيرات العلمية للقوى الدافعة لعملية التطور والارتقاء على أساس وجود تباين بين الأفراد يؤدى الى تفاوت فرصها فى البقاء أثناء الظروف غير المواتية حسب المبدأ الداروينى الشهير « البقاء للأصلح » •

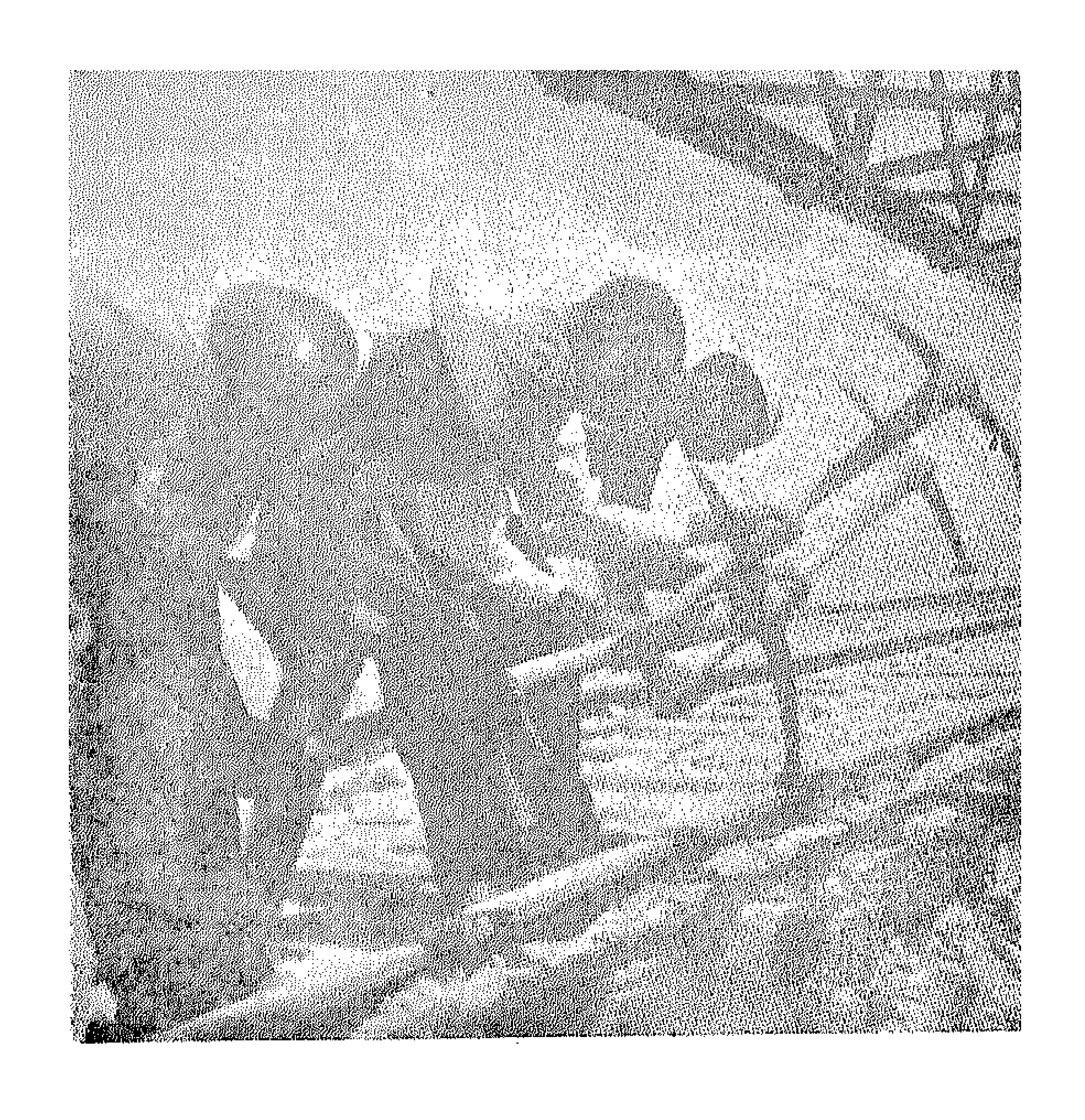
ويتميز القرن التاسع عشر كذلك بادخال المنهج التجريبى على نطاق واسع فى العلوم البيولوجية وكان من أهم نتائجه تجارب مندل الشهيرة التى استنبط منها قوانين الوراثة المعروفة باسمه والتى كان لاعادة اكتشافها فى أوائل القرن العشرين أثر بالغ ليس فقط فى ميدان العلوم البيولوجية بل فى مجال القضايا الفكرية والانسانية كذلك •

أسهمت بيولوجيا القرن التاسع عشر اذن بعدد من النظريات والمفاهيم العلمية لها من صفة الشمول ما كان له بالغ الأثر على قضايا الفكر ، ونظريتا التطور والوارثة **مثالان** بارزان لتأثير العلوم البيولوجية على القضايا الفكرية والفلسفية فى العصر الحديث ويجب أن نسجل هنا أن

هذه الكشــوف العلمية تمت فى ذلك الوقت باســتخدام أدوات متواضعة للبحث كانت قاصرة فى كثير من الأحيان على تســجيل المشــاهدات أو اجراء التجارب البســيطة باستخدام تكنيك متواضع بالنســبة لما يتوافر للباحثين اليوم ٠

وبالرغم من بدائية وســائل البحث المادية الا أن المنهج العلمى المستخدم كان واضحا فى أذهان المشــتغلين كما أن جذور هذا المنهج المنطقية وأصوله الفلسفية لم يكن قد تباعد بها الزمان أو انتابها النسيان أو الغفلة فضلا عن أن بساطة أدوات البحث لم تعش عيون الباحثين بالضوء الباهر الذى تثيره التكنولوجيا الحديثة فكان من الطبيعى أن تنساب الاستنتاجات العلمية فى تيار منطقى واضح الى أكثر نظريات البيولوجيا شــمولا وهى التى ما زالت لها فعاليتها حتى اليوم ٠

وقد وضع تقدم التكنيك العلمى فى أيدى الباحثين فى العلوم البيولوجية أسلحة ماضية فلم يعد منتهى طموحهم يقف عند حد تسجيل الملاحظات الوصفية لمظاهر الحياة أو يتجاوز ذلك الى دراسة الصفات المجهرية الدقيقة بل امتد هذا الطموح الى أغوار الخلية الحية وعوالمها الداخلية من نواة وجسيمات دقيقة أمكن فصل بعضها عن البعض واجراء التجارب عليها منفصلة أو مجتمعة ، كما وضع تحت تصرف الباحثين عدد هائل من الطرق المعملية المتقدمة التى تسربت من معامل الكيمياء والفزياء الى معامل البيولوجيا ٠



يواجه الباحثون فى الميدان العلمى اليوم بتحديات استخدام التكنيك الحديث وما يستلزمه من تدريب طويل وشاق لاكتساب الخبرة والمران · وقد أدى هذا فى كثير من الأحيان الى تمركز الاهتمامات العلمية حول تكنيك معين بدلا من تمركزه حول نظرية أو اتجاه علمى خاص · وامتلأ ميدان العمل العلمى بالباحث « ذى التكنيك » أكثر من امتلائه بالباحث «ذى النظرية» بل ان تقسيم العمل نفسه كان أساسه فى كثير من الأحيان استخدام تكنيك معين بدلا من تقسيمه على أساس المشاكل البيولوجية المختلفة ·

وكان من الطبيعى أن يؤدى هذا كله الى تراكم كمية هائلة من البيانات والمعلومات العلمية الناجمة عن الاستخدام

جيمس ديوى واطسون

من مواليد شـــيكاغو بالولايات المتحـدة الأمريكيـة عام ١٩٢٨ ويتميز تاريخه العلمى بالتفوق والنبوغ ، وقد حصل على بكالوريوس علم الحيوان عام ١٩٤٧ وعلى دكتوراه العلم نفسه عام ١٩٥٠ ، وبعد قضـاء عامين فى الدانمرك اشتغل فى جامعة كمبردج بمعمل كافندش الشـهير حيث التقى بكريك وبدأت صداقتهما العظيمة التى أثمرت نظريتهما عن تركيب جزىء ح ٠ د ٠ ن من ضفيرتين التى نشراها معا فى ١٩٥٣ ٠

وقد عاد واطســون عام ١٩٥٥ الى معمل كافندش ليقدم مع زميله النظرية العــامة لتركيب الفيروس ٠ ثم يعـود الى الولايات المتحدة ليعمل فى قسم البيولوجيا بجـامعة هارفارد ويصل الى درجة أستاذ عام ١٩٥٨ هو فى الثلاثين من عمره ٠ وقد جذب اسم واطسون الى قسمه عددا من مشاهير العلماء من أوربا عملوا معه فى المسائل المتعلقة بشفرة بنـاء البروتين وتركيب الكائنات الدقيقة ٠

وقد حصل واطسون على ست جوائز علمية كبرى آخـرها جائزة نوبل عام ١٩٦٢ وقد شاركه كريك فى خمس من هذه الجوائز ٠

الواسع للتكنولوجيا الحديثة وقد أدى هذا كله الى زيادة أعباء المبتدئين فى دراسة البيولوجيا فاندفعوا فى خوض بحر الدراسة التفصــيلية الجزئية دون العنايه الكافية بالمنهج العلمى وبأصوله المنطقية • ولم يكن هذا الموقف قاصرا على العلوم البيولوجية، فلعل الانفصام بين الفلسفة والعلم ظاهرة تميز النشاط العلمى بوجه عام فى الأزمنة المعاصرة ، ولكن أثر هذا الانفصام يبدو واضحا فى ميدان البحوث البيولوجية ، مما أدى الى أن يسود الميدان العلمى اتجاه « العلماء الموسوعيين » بكتاباتهم المفصــلة فى مجال الدراسات التصنيفية والحسابات النظرية واعداد جداول البيانات والثوابت البيولوجية أو فى ميدان الأجهزة العلمية وتصميمها ، وما أن يظهــر فى الميدان العلمى تكنيك أو جهاز جديد حتى يعقب ذلك سيل من النشرات والمقالات العلمية ذات الطابع المســحى وتكاد أن تكون عفوية من شدة اتساع نطاقها •

أزمة اليقين البيولوجى

أن العمل العلمى فى الأزمنة الحديثة يتميز بالاهتمام البالغ بالتكنيك الذى احتل مكان الاهتمام التقليدى بالمنهج، فنادر من النشرات العلمية اليوم ما يبرز فيها كاتبها المنهج العلمى الذى اتبعه أو يقوم بتقديم التركيب المنطقى لبحثه بل ان دراسة هذه المناهج العلمية مع فلسفة العلوم تتــم اليوم فى أغلب الجامعات داخل اطار الدراسات الانسانية

وليس كجزء لا يتجزء من الدراسات العلمية الخالصة ٠

ساد هذا الاتجاه نحو التكنيك العمل العلمى عامة ومجال البحوث البيولوجية خاصة فنسيت الجذور الفلسفية والمنطقية لطبيعة البحث العلمى وأغرق الباحثون أنفسهم فى خضم التفاصيل الفنية الدقيقة وبحار من البيانات والمعلومات البيولوجية فكان من الطبيعى أن يدرك الدارس فى العلوم البيولوجية مدى التعقيد البالغ الذى تتسم به الظاهرة أو العملية البيولوجية وبدت الأمور أمام السواد الأعظم لهم أنه لا توجد ثمة بارقة أمل لأى معرفة أساسية لهذه الظواهر ، هذا الموقف لخصه أحد البيولوجيين فى اجتماع علمى بقوله : « لا توجد خليتان لهما نفس الخصائص ٠٠ فعلم الحياة هو علم الأنظمة المتباينة ٠ » وتصور الكثيرون أن مهمة الدارسين لا تعدو أن تكون « اضافة حجر جديد آخر لمعبد العلوم » ، دون ثمة بارقة أمل فى أن ينتهى ذلك الى صورة متكاملة شاملة تقر بها عين العالم ويثلج بها فؤاده خلال حياته ٠٠ هذا التسليم باستحالة المعرفة الأساسية للظواهر البيولوجية ساعد على انتشاره ما كشف عنه العلم من تعقيد بالغ تتسم به الظواهر البيولوجية فضلا عن التباين أو التغاير الكبير الذى يميز الظاهرة الواحدة والتعدد الضخم للعوامل المؤثرة عليها بحيث بدا أنه لا يوجد ثمة بصيص من أمل فى أن توصف ابسط العمليات الحيوية وصفا كاملا مضبوطا يصل فى دقته الى ما وصلت اليه العلوم الكيميائية أو الفزيائية ٠

قد ساد هذا الاعتقاد الموقف العلمي في ميدان العلوم البيولوجية فى الدول الغربية بوجه عام حتى أوائل خمسينات هذا القرن ، بحيث بدا أن العلوم البيولوجية تواجه آزمة تذكرنا بأزمة مماثلة واجهتها الفزياء الذرية فى الثلاثينيات عندما قدم هاينزبرج نظريته المسماة « قاعدة عدم اليقين » التى تقرر استحالة تحديد موضع الالكترونات أثناء وجودها فى مداراتها حول نواة الذرة فضلا عن أن أية محاولة من جانبنا لتحديد هذا الموضع من شأنها أن تعدل أو تغير منه هذه القاعدة لم يقتصر أثرها على علم الفزياء فحسب بل ان عددا من الكتاب والمفكرين أزعجهم ما يبدو أنها تثيره من تشكك فى استحالة تفهم الانسان لأسرار الطبيعة ويبدو هذا واضحا فى كتابات جينز وأدينجتون وغيرهما من علماء الفزياء الذين أنهوا حياتهم العلمية بالالتجاء الى الكتابات الفلسفية مثيرين الشكوك فى جدوى جهود الانسان المضنية لفهم ظواهر الطبيعة ·

ولكن قاعدة عدم اليقين هذه سرعان ما أدت الى خلق ما « ينقضها » بالمعنى الذى يستخدمه المناطقة الجدليون شأنها فى ذلك شأن العديد من النظريات العلمية المؤثرة فى تقدم العلوم والفكر وذلك عندما أعلن بوهر نظريته المسماة « بالنظرية التكميلية » التى تتضمن قاعدة « عدم اليقين » ولكن فى صورة جديدة لا تبعث على اليأس من امكانية المعرفة ، هذه النظرية تقرر باختصار انه من الممكن التعبير عن الخصائص الفزيائية المصاحبة للجسيمات الذرية أو

النووية تعبيرا رياضيا مضبوطا اذا ما « ازدوجت » هذه الخصائص على شكل حاصل ضرب زوج منها فيمكن مثلا كتابة معادلة مضبوطة تتضمن مضروب الطاقة والزمن أو مضروب العزم والازاحة أو مضروب العزم الزاوى والزاوية هذا التعبير يشمل كمية معينة تحدد مقدار الخطأ الناجم عن القياس التجريبى لحاصل الضرب ، هذه الكمية هى مايعرفه طلاب الفزياء باسم « ثابت بلانك » • فاليقين هنا اتخذ له مضمونا جديدا فلم يعد يستخدم بمعناه المطلق ويلتزم بالقياس المضبوط لكمية فزيائية معينة بل «يقين» تحديد كمية الخطأ الناشىء عن قياس القيم التى يتخذها حاصل ضرب زوج من الخصائص الفزيائية •

ولم تكن النظرية التكميلية هى المخرج الوحيد للفزياء الذرية من مأزقها فسرعان ما وجدت نظريات الاحصاء الرياضي والاحتمالات مكانها فى الميدان ، وكلها تشمل مفاهيم رياضية تسلم بوجود التفاوت والتباين وتحتمل أقدارا من التغاير والاختلاف • فان كنا لا نستطيع تحديد مكان جسيم ذرى فانه من الممكن ، بمعرفة عدد من المتغيرات ، تحديد احتمال وجوده فى موضع ما مع تحديد كمى دقيق لكمية الخطأ الناشىء عن تقدير هذا الاحتمال ، كما أنه من الممكن كذلك حساب احتمالات اكتساب الجسيمات الذرية لسرعات أو عزوم أو طاقة معينة بحيث يمكن التعبير عن هذه القيم جميعها بدلالة عدد من المتغيرات

التى تعنينا ، بوســـاطة معادلات رياضية مضبوطة تشمل حدودا « احتمالية » ...

ومن حسن الحظ أن الطبيعة تتميز بالغنى المفرط فى وحدات المادة الاساسية وهذا من شأنه الاقلال من مقدار الخطأ الناشىء عن تقدير احتمال ما ، بحيث يصل هـــذا الخطأ الى مقادير متناهية فى الصغر .. وهذه قاعدة ورثتها الفزياء النووية والذرية من نظريات الاحصاء الرياضى .

لا يعبر « اليقين الجديد » اذن عن ظواهر الطبيعـة يقينا مطلقا ، فبدلا من قولنا « انه لو تجمعت ظروف معينة فان حدثا بعينه سيحدث » نقول بلغتنا الاحتمالية الجديدة « انه لو تجمعت ظروف معينة فان هناك احتمالا مقـداره كذا أن يحدث هذا الحدث » . خرج علم الفزياء اذن من مأزق « عدم اليقين » باعادة النظر فى تعريف بعض مفاهيمه .. وان الانتصارات المذهلة المعروفة لدينا جميعـــا التى حققتها العلوم النووية والذرية لتشهد بسلامة وصـــحة هذه المفاهيم الجديدة .

آثرنا أن نستطرد فى شرح أزمة « عدم اليقين » التى انتابت الفزياء الذرية والنووية بغرض بيان أوجه الشـــبه فى تاريخ العلوم المختلفة وفى علامـــات طريق نموهـــا وتطورها وستتضح لنا أوجه الشبه هذه عندما نعود الى « المأزق » الذى وجدت العلوم البيولوجية نفســها فيه فى أوائل خمسينيات هذا القرن ، « فعدم اليقين » الفزيائى

تقابله في العلوم البيولوجية الأفكار التي سادت الميدان العلمي آنذاك بعدم امكانية الفهم الكامل والاساسي للعملية البيولوجية • فمهما بدت بساطتها فانها تتضمن عددا لا سبيل الى حصره من العناصر والمتغيرات • وبقي لنا ان نتساءل : هل خرجت العلوم البيولوجية من مأزق « عدم يقينها » ؟ وان كانت قد اجتازت هذه المحنة بالفعل ، فماذا كان سبيلها الى ذلك ؟ دعنا الآن نتحسس طريقنا محاولين الاجابة عن هذين السؤالين •

البيولوجيا الجزيئية تجد المخرج من «عدم اليقين» البيولوجي:

شهدت أوائل الخمسينات براعم فرع جديد من فروع العلوم البيولوجية على أيدى عدد من الباحثين من طراز فكرى جديد ، هذا الفرع هو ما يعرف الآن باسم « البيولوجيا الجزيئية » وهو وان كان لا يزال يافعا الا أن ما أحرزه من الانتصارات في الأعوام الخمس عشرة الماضية يستدعى الانتباه والتأمل • وأنباء هذه الانتصارات كثيرا ما تتخذ طريقها الى أعمدة الصحف السيارة لما لها من أهمية تهم جماهير قرائها ، ولعل من أحدث الأنباء التي من هذا النوع ما نشرته الصحف حديثا عن نجاح الكيميائيين في تحضير مركب بيولوجي معقد بطريقة معملية صناعية وهو مركب الانسيولين الذى تفرزه غدة البنكرياس في الحيوانات الثديية بما بينها الانسان • وسيتضح لنا بعد تعريفنا لهذا الفرع، لماذا اخترناه بالذات لبدء مناقشتنا لامكانية خروج العلوم

البيولوجية من مأزق « عدم اليقين » الخاص بها ، فهذا العلم يتناول دراسة النشاط الحيوى والكيميائي للخلية الحية ليس باعتبارها وحدة كلية فحسب، بل مع الخوض كذلك داخل عوالمها وجسيماتها الداخلية الدقيقة • وقد أدى الطموح المتزايد الذى ساد ميدان العمل العلمى فى هذا الميدان الى التناقص المطرد فى حجم الجسيمات التى يمكن التعامل التجريبى معها الى أن وصل ذلك الى جزيئات المركبات الموجودة فى داخل الخلية مثل الجزيئات البروتينية أو الاحماض النووية والأنزيمات (الخمائر) وغيرها من المركبات الحيوية ، وساعدت الحصيلة الضخمة من التكنيك ووسائل البحث المعملية التى ورثتها البيولوجيا عن العلوم الفزيائية والكيميائية على تحقيق الظروف المعملية المناسبة التى تجعل من التناول التجريبى على هذا المستوى الجزيئى أمرا قابلا للتحقيق •

سنقوم فى الفصول القادمة باستعراض النتائج العملية المذهلة التى تحققت فى هذا الميدان ، ونكتفى الآن بأن نشير الى أن هذه النتائج قد استوقفت نظر العاملين فى حقول العلوم الطبيعية • فهناك اجماع لا يرقى اليه الشك على أن معدل التقدم فى هذا الفرع يفوق مثيله فى غالبية أسرة العلوم الطبيعية ولا يدانيه فى هذا الصدد سوى علم فزياء الجسيمات ذات الطاقة العالية المتفرع من الفزياء الذرية والنووية •

من المحتم أن نتساءل عن أسباب هذا التفوق الواضح ويجب أن نذكر على الفور أن العمل فى هذا المجال لا يختص بتكنيك معملى معين لا يتوافر لغيره من ميـــادين البحوث البيولوجية ، كما يجب أن نستبعد منذ البداية الاحتمال الذى قد يخطر للبعض بأن سر معدل النمو العلمى هـــذا يرجع الى السهولة النسبية للمشـــاكل التى يتناولهـــا العمل العلمى فيـــه ، فواقع الأمر على النقيض من ذلك تمـــاما ، فالتحديات التى تواجه الباحث فى هذا الحقل تحديات أساسية تمس القلب النابض لأسرار العمليـــات البيولوجية بما فيها من تعقيدات كانت تعتبر الى عهـــد قريب من الأسرار والطلاسم التى لا حل لها . لا مفر اذن من امعان النظر فى أساليب المنهج العلمى المتبع فى هذا المجال ، فلعل سر هذا التفوق يكمن فى التفوق المنهجى الذى نجح المشتغلون فى هذا الفرع فى تسليح أنفســهم به مما سمح بمعدلات نمو عالية بما يحققه من فعالية الجهد المبذول فى البحث وكفاءته

معالم المنهج العلمى المستخدم فى بحوث البيولوجيا الجزيئية :

ما هى اذن السمات المنهجية الرئيسية التى تميـــز أسلوب العمل العلمى فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ؟ ان أولى هذه السمات وأكثرها وضوحا أن العاملين فى هـــذا الحقل يكونون فى العالم الغربى ما يشبه أسرة دولية مترابطة يتحقق بين أفرادها من وسائل الاتصال والتفاهم ما ساعد

على ايجاد وحدة منهجية تسود العمل فى هذا الميدان ، وقد ساعد على تدعيم هذه الوحدة وجود مجله علميـــــة دورية أساسيه واحدة لنشر بحوث البيولوجيا الجزيئية يعد النشر فيها مقياسا لنجاح الباحث الناشيء ومحط أمله ، وممـــا لا شك فيه ان توحيد جهة النشر من شأنه أن يوحد معايير التقييم العلمي والمنهجي وهذا يخلق بدوره تقاليد واضحة لاسلوب البحث ومناهجه • ويقود هذه الأسرة الدولية عالمان شهيران يقومان بدور الأبوين الروحيين له هما واطســون من جامعه هارفارد فى الولايات المتحدة وكريك من جامعـــة كمبردج بانجلترا ، فاسمهما مرتبط بنشـــاة البيولوجية الجزيئيه اذ ان كشفهما الشهير عن تركيب الحامض النووى، وهو المكون الرئيسى لنواة الخلية الحية ، عام ١٩٥٣ يحـدد بالفعل ميلاد هذا الفرع من العلوم البيولوجية •

وقد كان من حظ الكاتب ان أتاحت له الظروف أن يحضر محاضرة تذكارية ألقاها « كريك » فى شـــتاء عام ١٩٦٥ فى معهد ماساشوستس للتكنولوجيـــا بدعـــوة من صديقه واطسون ولم نشهد من قبل جمعا غفيرا بهذا الحجم جاء ليستمع لمحاضرة « كريك » وعنوانها « الشفرة الوراثيه لبناء البروتين « • فقد امتلأت قاعة المحاضرات بما يزيد عن ألف مستمع وهو عدد يندر أن يجتمع لسماع محاضرة فى موضوع علمي متخصص • وهذا فى حد ذاته دليل على ما يتمتع به المشتغلون فى هذا العلم من سمعة عالية • وان من بين ما يسترعى النظر فى الســـاعتين اللتـــين

استغرقتهما المحاضرة والساعة الكاملة من المناقشة التى تلتها أن كريك فى اعداده لحديثه لم يستعن فقط بأحدث ما هو منشور عن موضوعه بل وكذلك بما هو قائم بالفعل فى معامل العواصم المختلفة من بحوث جارية ، وهو فى اتصاله بهذه المعامل يستخدم كل الوسائل المتاحة للانسان فى النصف الثانى من هذا القرن ، من اتصال تيليفونى عبر القارات الى الانتقال الجوى لعقد المؤتمرات والمناقشات العلمية العاجلة . ولعل هذا فى حد ذاته يعتبر ، كما سبق أن أشرنا ، أحد الدعائم المنهجية المستخدمة ،فالتعميم الواسع النطاق للخبرات العلمية ، وتوصيل نتائج البحوث الجاريه أولا بأول الى المشتغلين فى الميدان دون انتظار وسائل النشر التقليدية ، واتاحة فرص الاستفادة من الامكانيات المعملية والخبرات الفنية النادرة التى قد تتوافر فى مكان دون ما عداه ، كلها وسائل فعالة تزيد من العائد العلمى لما يستثمر فى البحوث من جهد ومال .. وان هذا يمثل أيضا نموذجا يحتذى للتعاون الدولى المثمر بين المشتغلين فى حقل علمى واحد ، ولعله علامة من علامات الطريق نحو مستقبل توضع فيه وسائل الانتقال والاتصال التى توفرها حضارة العصر ليس فقط فى خدمة رجال السياسة والأعمال وطلاب المتعة والسياحة ، بل كذلك فى متناول الأسر العلمية الدولية مما يساعدها على مواجهة التحديات الضخمة بامكانيات وخبرات متكاملة .

دعنا نعود لنتأمل عنوان محاضرة كريك .. «الشفرة

الوراثية لبناء البروتين » ودعنا نستفيض قليلا فى المحتوى العلمي الذى ينطوى تحت هـــذا العنوان ، وعذرنا فى الاستفاضة أن ذلك سيبرز لنا ثانى المعـــالم المنهجيـــة للبيولوجيا الجزيئية ٠

ان موضـــوع « الشفرة » هذا يمس شغاف قلب الظاهرة الحية وصميمه ، فالنشاط البنائي للخلية الحية يرمى ، ضمن ما يرمى اليه ، الى بناء الجزيئات البروتينية المختلفة والتى تكون فصائل معروفة وتقوم بوظائف بالغة الأهمية ، فبعضها يدخل في تركيب الهـــيكل الداخلى للخلية ، والبعض يكون « الأنزيمات » أو العوامل الوسيطة التى تعجل من سرعة العمليات الكيميـــائية آلاف المرات وتشـــترك فى كل العمليات الأساسية اللازمة لاستمرار حيـــاة الخلية ووجـــودها ، والبعض الآخر تفرزه الخلية لينتقل الى أماكن أخرى من الجسم لاستخدامه فى أغراض شتى ، والصفة الأساسية لهذه البروتينات أنها بالرغم من التعدد الهائل لفصائلها وأنواعها الا أن أى نوع منها له تركيب خاص يشبه الكلمات والجمل اللغوية ، والوحدات المكونة لجزيئاتها تشمل عشرين مركبـــا بالتحديد ، هى مايسمى بالأحماض الأمينية وتقابل الحروف الأبجدية التى تتكون منها كلمات لغـــاتنا ، والمذهل أن كل فصيلة من فصائل المركبات البروتينية تتكون جزيئاتها من عدد محدد من هذه الأحمـــــاض تكون سلسلة تتتابع فيها الأحماض تتابعا ثابتا تماما كتتابع الحروف الأبجدية التى تكون كلمة

معينة ثم تتتابع الكلمات لتكوين « جملة » معينة ، فى نظام ثابت دقيق يميز الفصيلة الواحدة من الفصائل البروتينية ، والمدهش أيضا أن الخلية الحية لها من القدرة على أن تكون عددا هائلا من جزيئات الفصيلة الواحدة دون الوقوع فى أخطاء « هجائية » ذات بال ، وهى فى هذا تكاد تصل الى حد الكمال مما يشير الى وجود نظام محكم ذى دقة متناهية يندر أن ينتابه السهو أو الخطأ يتحكم فى بناء هذه « الجمل الجزيئية » ، هذا فضلا عن أن الخلية الحية لها قدرة على التعرف على أخطاء الهجاء التى قد يقع فيها جهازها البنائى فتعامل « الجمل المغلوطة » معاملة الدخيل الغريب وتعمل على اقصائها من الميدان ٠

العملية اذن تمس عملية حيوية أساسية تميز الخلية الحية وكانت تعد الى عهد قريب من الطلاسم التى لا قبل لنا بفهمها وتقع فى نطاق « عدم اليقين البيولوجى » ، ولذا فانه من السهل أن نرى أن مجرد اقبال الباحث على تناول مشكلة من هذا النوع مستخدما الأساليب الجزيئية والمعملية ، هذا فى حد ذاته يتضمن افتراضا سابقا بأن الظاهرة الحيوية فى صميمها قابلة للمعرفة الأساسية ، هذا الافتراض هو أحد السمات الرئيسية التى يتميز بها التفكير العلمى فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ، ولم يكن هذا من قبيل الأحلام أو الجعجعة الفارغة ، فما عرضه « كريك » فى محاضرته من نتائج علمية يقرر بوضوح

وبالأدلة العلمية أن عملية بناء الجزيئات البروتينية بتتابع « حروفها » « وجملها » الدقيــق الصارم تتحكم فيه نواة الخلية الحية بواسطة أحماضها النووية التى ترسل أوامرها الدقيقة على شكل « رسائل » أو شفرة هى فى حد ذاتها مركبات كيميائية ذات تركيب معين معلوم ، هذه «الشفرة» هى المسئولة عن دقة عملية البناء واحكامها ، ونحن نعلم اليوم معظم مفردات هذه الشفرة ونملك فضلا عن ذلك الوسائل المنهجية الفعالة التى أدت الى كشفها والتى تصلح لمعالجة غيرها من المشاكل العلمية المعقدة ٠

ولنــــا أن نستنتج اذن أن افتراض امكانية معرفة العمليات الحيوية التى من هذا النوع معرفة عميقة أساسية افتراض ضرورى اذا ماقدر للعلوم البيولوجية أن تتخلص من قصورها ، ذلك القصور الذى حدا بعدد من أبنائها الى فقــدان الأمل فى الوصــــول الى ماوصلت اليه غيرها من العلوم الطبيعية من امكانية التعبير عن العمليات والظواهر البيولوجية تعبيرا مضبوطا ٠ واكتشاف الشفرة هذا ليس الانتصار الوحيد للبيولوجيا الجزيئية فقد قدمت لنا عددا ضخما من المعلومات الأساسية عن العمليات الحيوية ، لم تعمق فهمنا فى العلوم البيولوجية فحسب بل ســـاعدتنا أيضــــا على فهم الكثير من أسرار الأمراض التى تصيب الانســان والحيــوان نتيجة لاختــلال الوظائف الحيــوية الأساسية للخلية الحية على المستوى الجزيئى لمركباتها ٠

ما السر اذن فى نجاح البيولوجيا الجزيئية هذا ؟

ذكرنا حتى الآن سمتين مميزتين للعمل فى هذا الميدان أولاهما تتعلق بتكوين وحدة فكرية ومنهجية بين المشتغلين بالعلم والثانية سمة فكرية تتعلق بالايمان بما يمكن أن ينجزه الجهد البشرى من الوصول الى المعرفة البيولوجية الأساسية •

تقدم البيولوجيا الجزيئية فيما تقدمه مفهوما بيولوجيا جديدا وهو أن ماتبدو عليه الظاهرة الحيوية من تعقيد يرجع الى « المستوى » الذى نبحث على أساسه هذه الظاهرة ، فكلما تعمقنا فى أعمال التركيب الحى حتى نصل الى المستوى الجزيئى لمكوناته كلما قاربت الظاهرة البيولوجية فى طبائعها الأساسية مانعرفه عن خصائص هذه الجزيئات فى الطبيعة فطريق الخلاص اذن يشير الى أن نجعل تعاملنا التجريبى ليس مع كائنات كاملة أو أنسجة معقدة أو حتى خلايا بسيطة ، بل مع ماهو دون ذلك بكثير ، فعندئذ نقابل الجزيئات التى تكون الهيكل الداخلى للخلية حيث تتم على هذا الصعيد ، الألفة والتعارف بيننا وبين هذه الوحدات الأساسية التى سرعان مايتضح لنا أن للكثير منها مثيلا فى الطبيعة أو أن مكوناتها ان هى الا مركبات من الممكن معرفة خصائصها وتركيبها بل وقد نستطيع تحضيرها هى نفسها أو أشباه ونظائر لها •

تتميز العمليات البيولوجية ــ حتى فى أبسط أشكالها ــ بكثرة العناصر المشتركة فيها ــ أو بتعبير علمى أدق ــ بكثرة عدد المتغيرات فيها ، وتواجه الباحث كما

أسلفنا ذكره ، مشكلة تحسس طريقه وسط هذا العدد الهائل من المتغيرات دون أن يغوص فى بحر التفاصيل والجزئيات فيضل الطريق أو ينحرف به الى متاهات لا مخارج لها • واستخدام النماذج التجريبية المبسطة يمثل أحد الوسائل التى يلجأ لها العلم فى مثل هذه الأحوال ، والنموذج المستخدم عادة ما يماثل العملية التى ندرسها فى عدد من خصائصها وصفاتها ولكنه يتميز عنها بوجود عدد محدود فقط من المتغيرات التى يمكن التحكم فيها ودراسة دور كل منها فى صورة أكثر نقاوة وبدون تداخل عناصر غريبة عن العملية ذاتها ، وتتميز البيولوجيا الجزيئية بالاستخدام الواسع النطاق لهذا الاسلوب من التجارب ، وهذا الأسلوب فى حد ذاته ليس غريبا عن العلوم البيولوجية فتجارب كلود برنارد الشهيرة فى القرن التاسع عشر تتميز بالاستخدام الواسع لهذا التكنيك التجريبى وعلم الفسيولوجيا التجريبية ان هو فى الواقع الا استخدام منظم لهذا الاسلوب العلمى ، ولكن الجديد فى استخدامه فى البيولوجيا الجزيئية هو امتداد هذا الاستخدام الى المستوى الجزيئى لدراسة الظواهر البيولوجية •

مثل هذا الأسلوب لم يسلم من الانتقاد والهجوم من جانب فريق المتشائمين من البيولوجيين الذين يقررون أن هذا لا يعدو أن يكون تبسيطا مخلا للعمليات البيولوجية المعقدة ، وأن التعامل التجريبى مع متغيرات يقل عددها عما هو عليه فى الواقع البيولوجى لا يمكن أن يؤدى الى

الصورة الكاملة للعملية البيولوجية كما تحدث فى الكائن الحى • مثل هذا النقد سبق أن وجه للبيولوجيين التجريبيين فى أوائل القرن التاسع عشر عندما أعلن المحافظون أن أسلوب التجريب العلمى الذى من شأنه التدخل فى التركيب التشريحى للكائن الحى لا يمكن أن يؤدى الى معلومات صحيحة عن الكائن ككل ، ونادوا بتخلى العلوم البيولوجية عن طموحها فلا تحاول تطبيق الأساليب المستخدمة فى العلوم الطبيعية ، هذا النقد لم يثبط همم التجريبيين فى القرن التاسع عشر فكانت ثمار جهودهم متمثلة فيما أعطته لنا علوم وظائف الاعضاء والبيولوجيا التجريبية من تراث بنيت عليه العلوم الطبية والزراعية وغيرها من العلوم البيولوجية التطبيقية فى أشكالها الحديثة ، كما أن نقد المحافظين المعاصرين لم يثبط همم المشتغلين فى البيولوجيا الجزيئية كذلك فكان أن جنينا ثمار جهودهم باقترابنا يوما بعد يوم من قلب العملية البيولوجية النابض وبمعرفتنا لكثير من أسرارها ، والنجاح العلمى التى يحرزه تطبيق النتائج التى حصلنا عليها من النماذج التجريبية دليل على صحة هذه النتائج وسلامتها ، ونضرب مثلا لهذا بالنجاح فى تحضير مركب الانسيولين الذى سبق أنأ شرنا اليه فهو من أحدث ثمار تطبيق هذا المنهج السائد فى العلوم التجريبية اليوم •

ثمة سؤال علينا أن نطرحه عندما تواجهنا متاهة التفاصيل لدى تصدينا لدراسة ظاهرة بيولوجية ما : هل

هنـاك حد أدنى من التفـاصيل يلزم لنـا الالمام به لفهم ما نتصدى له ؟ أم أنه يلزمنا معرفة التفاصيل جميعها ؟٠٠ يبدو أن الطبيعة على ما بها من تعقيد ظاهر الا أن هنا عوامل أكثر تأثيرا وفعالية من غيرها فى مسيرة العملية البيولوجية، والكشف عن هذه العوامل الحاسمة هو مهمة الباحث الفطن، ولا مندوحة من التوجيه المنهجي الصارم الذى يقلل من فرص السير فى اثر العوامل الضئيلة الفاعلية أو اضاعة الجهد والوقت فى القيام بدراسات مسحية تفقدنا الاحساس بالاتجاه العام للحركة العلمية ٠٠ وهنا يكمن السر الأساسى لفاعلية المنهج العلمى المتبع فى ميدان البيولوجيا الجزيئية ونعنى بذلك تخطيط البحث العلمى على أساس من قـواعد المنطق الصورى المعروفة والتى تناساها جمهرة المشتغلين فى العلوم الطبيعية فى زحمة العمل اليومى ، ووضع خريطة التركيب المنطقى للمشـــكلة العلمية خطوة أساسية قبل القيام بأى نشاط عملى يتناول المشكلة ٠ والمنهج المنطقى المستخدم فى البيولوجيـــا الجزيئية مســتمد من مبادىء الاستقراء المنطقى التى وضع « بيكون » أسسها ، ونجد معالم ذلك واضـــحة اذا ماتصفحنا عددا من أعداد مجلة « البيولوجيا الجزيئية » ، فمن السهل عند قراءة أى مقال بها أن نتبـــين التركيب المنطقى للبحث ، فغالبا مايبـدأ الكاتب بسرد عدد من الحقائق العلمية ثم يستعرض الكاتب الاحتمـــالات المنطقية التى يمكن أن تفسر هذه الحقـــائق وتربطها بعضها ببعض وقد يستبعد بعضها على ضوء الخبرة

العلمية المعروفة فى هذا الميدان ، وما يتبقى من الاحتمالات يعامل معاملة الفروض العلمية ثم يتصدى لشرح تصميم تجربته مع سرد النتائج المحتمل « منطقيا » أن تسفر عنه هذه التجربة وتبيان أن هذه الاحتمالات من شأنها اما أن تثبت أو تدحض أيا من الفروض المقترحة •• ، ان مثل هذا التشريح المنطقى للعمل العلمى يندر أن نجد مثيله فى التقارير البيولوجية خارج هذا المجال ، فان تطبيق هذا الأسلوب بشكل نظامى يميز بحوث البيولوجيا الجزيئية ، ومما لا شك فيه أنه من أهم أسباب فاعلية بحوث البيولوجيا الجزيئية وكفاءتها ، بضمانه الوصول الى النتائج المطلوبة بأقل جهد ممكن ، كما أنه يجنب الانزلاق فى تيار التجارب المسحية التى ترمى – بوعى أو بدون وعى – الى دراسة الجزئيات بأسلوب استقصائى سرعان مايدفع الباحث وسط متاهة التفاصيل المضنية •

وقد يبدو أن عدد الاحتمالات التى من الجائز منطقيا أن تفسر مانحن بصدد تفسيره من ظواهر ضخم وكبير ، هذا فى حد ذاته لا يضعف من فاعلية أسلوب العمل على هذا الاساس المنطقى ، فالتكنيك الحديث وضع فى أيدينا الأجهزة الأتوماتيكية السريعة الأداء كما وضع تحت تصرفنا الآلات الحاسبة والعقول الألكترونية فضلا عما ورثته العلوم البيولوجية من قواعد الاحصاء الرياضى ، كل هذه الامكانيات تكفل لنا امتحان صحة عدد كبير من الفروض فى نفس الوقت ، والمهم ألا تجذبنا هذه «اللعب»

وتنسينا معالم المنهج • وعلينا أن نذكر دائما أنها آلات صـــماء فحسب لا تقـــوم الا بما تؤمر ولا تجيب الا على ما تسأل عنه ، ووجودها تحت تصرفنا لا يغنينا عن التحديد الواضح للفروض المنطقية التى نريد أن نختبرها •• وذلك بتوجيه الأسئلة والأوامر النــــابعة من النســـج المنطقى لفروضنا •

باستخدام هذا الأســلوب المنطقى أولا وبمساعدة الآلات والأجهزة الحديثة ثانيـــا قدمت لنــــا البيولوجيا الجزيئية « شفرة » الخليـــة الحيـــة أو كادت • وستتوالى حتما انتصاراتها كما قدمت لنا الفزياء النووية كشوفها العظيمة باستخدام نفس المنهج المنطقى ••• ان النجاح الذى حققه الفرعان يعـــد فى حد ذاته دعوة ملحة لباقى أسرة العـلوم الطبيعية لأن تســـلك نفس الطريق فتضع خبرتها الضخمة من التكنيك فى خدمة المنهج •

ولسنا نريد أن نختم هذا الفصـــل بغـير أن ندعو القارىء الى أن ينظر بعين التأمل والخيال الى ما يمكن أن يتحقق لنـــا اذا ماطبقنا الأساليب المنهجية الســـائدة فى البيولوجيا الجزيئية فى تناول مشاكلنا الملحة مثل مشكلة تزايد السكان أو مثل مشكلة البلهارسيا ، فنتصور أن المشتغلين فى أى من هذه المشـــاكل كونوا أسرة مترابطة مدعمة الصلات رائدها الفكرى النظرى أن المشكلة التى يتصدون لها قابلة للفهم والتناول العلمى بغرض حلهـــا

حلا أساسيا ، ثم توضع خطة البحث والعمل ، لا على أساس مسحى عفوى بل على أساس من وضع خريطة الاحتمالات المنطقية وصياغة الفروض وتصميم التجارب لاثبـــات أو دحض هـــذه الفروض الواحد تلو الآخر · كل هذا فى اطار التكنيك العلمى المتقدم الذى لا يحق لنا اطلاقا أن نشكو من عدم توافره ·· ليس من العسير علينا أن نرى بعين الخيال والأمل النجاح الساحق الذى يمكن أن تحرزه مثل هذه المحاولة فى حل أعقد مشاكل حياتنا ·

الفصل الثانى

الذات البيولوجية

تناولنا فى الفصل الأول بعض مشاكل المنهج فى العلوم البيولوجية وكيف شقت البيولوجيا الجزيئية طريقها باتخاذ منهج علمى فعال أدى استخدامه الى تقدم مذهل فى هذا الحقل خلال فترة وجيزة ، وتتلخص معالم هذا المنهج فى الاعتقاد الراسخ بأن الظواهر البيولوجية قابلة للتناول العلمى بغرض معرفتها معرفة أساسية ، وفى أنه من الممكن التغلب على ضخامة عدد المتغيرات المؤثرة فى الظواهر البيولوجية باستخدام نماذج تجريبية مبسطة تتضمن عددا محدودا من العوامل تدرس تحت ظروف يمكن التحكم فيها ، كما يتضمن المنهج البحث المنظم عما أسميناه بالعوامل الحاسمة الأكثر فعالية فى التأثير فى الظاهرة البيولوجية ، كما أشرنا الى احياء الاستخدام المنظم لقواعد المنطق الصورى والاستقراء العلمى ، بحيث يصبح العمل العلمى مستمداً من نسيج منطقى صريح ...

سنتناول فى هذا الفصل وفى الفصل الذى يليه تفصيل ما أوجزناه من معالم المنهج وسيكون تناولنا فى

اطار عدد من المغامرات العلمية الشائقة فى الحقل البيولوجى طامعين ليس فقط فى أن نعمق الفهم لهذه المعالم المنهجية الأساسية ، بل أيضا فى احاطة القارىء غير المتخصص بما يجرى اليوم من أحداث فى جبهة العلوم البيولوجية ... هذه المغامرات ستسير بنا فى الطريق الزاخر الذى اجتازه العلم نحو فهم المشكلة التى تعرف فى الوقت الحالى « بشفرة الحياة » وسنبدأ بعرض سريع لهذه المشكلة .

« الذات البيولوجية » :

الاختلاف والتباين بين الأفراد ظاهرة نعلمها جميعا وننعم بآثارها حينا كما نقاسى منها أحيانا أخرى ، ففى كل منا السمات التى تميزنا عن الآخرين ، بعضها ظاهر مثل اختلاف طول القامة ولون البشرة أو الشعر أو العينين أو تقاطيع الوجه وملامحه الى غير ذلك من الصفات الخارجية ، الا أن هذا يعكس اختلافات داخلية بيولوجية عميقة فهناك « أنا » أو « ذات » بيولوجية داخلية تميز الفرد عن أقرب المقربين اليه فالتطابق الكامل بين «الذوات» البيولوجية لا يوجد الا فى حالة نوع نادر من التوائم المتماثلة الناشئة عن انقسام بويضة واحدة .

ولعل من أهم مظاهر التميز البيولوجى كما يعرفه البيولوجيون منذ زمن غير بعيد عدم تقبل الفرد للخلايا أو الأنسجة التى تنتمى لفرد آخر اذا ماوجدت هذه طريقها

لجسمه ، فسرعان ما ستتعرف « الذات » البيولوجية على النسيج أو الخلايا الغريبة فتقوم معركة ضارية يسقط فيها الضحايا من الجانبين وتنتهى فى أغلب الأحيان الى هزيمة الغرباء .. هذا العداء المستأصل ضد الأنسجة الدخيلة كان ومايزال يشكل العقبة الكئود ضد محاولات الجراحين نقل الأنسجة أو الأعضاء من فرد لآخر ، مما أثار الاهتمام بهذه الظاهرة ليس فقط من وجهة نظر المعرفة الخالصة لهـا كظاهرة بيولوجية ، بل أيضا للاعتبارات العملية المتعلقة بجراحات نقل الأنسجة .

بدأت محاولات نقـل الأنسجة من فرد لآخـر فى العشرينات من هذا القرن بمحاولة نقل قطع من الجلد من فرد الى آخر وكان الاعتقاد السائد آنذاك أن الأفراد يمكن أن يتبادلوا جلودهم بدون قيد أو شرط ، ولكن سرعان ما اتضح أن « الذات البيولوجية » للأفراد يسوءها هذا التبادل وأنها تثار للدخول فى معركة طاحنة ضد الجلد الغريب تنتهى بالقضاء عليه وسقوطه . وقد لوحظ آنذاك أن المعركة ضد الجلد الغريب لا يحتدم أوارها فور نقله بل تنشب المعركة بعد فترة سلام ظاهرى يبدو فيهـا أن كل شىء هادىء وأن الجلد المنقول ينعم بمسكنه الجديد .

هذه هى المشكلة العمليـة التى واجهت العاملين فى جراحات نقل الأنسجة والأعضـاء والتى تشير الى وجود ذات بيولوجية شديدة التميز .

أستأذن القارىء بعد هذا التقديم للمشكلة أن نتمهل لنعطى لمحة من ملامح المنهج فى المعالجة العلمية الرامية الى كشف أسباب فشل عمليات النقل هذه ، ونعده أن نستأنف رحلتنا فور وضوح الخيوط المنطقية لمعالجة مثل هذه المشكلة والتى تشكل الأسلوب العلمى الذى اتبع بالفعل لحلها ٠

الحقائق والفروض :

يبدأ التناول العلمى لمثل هذه المشكلة بحصر الحقائق المعلومة عن الظاهرة ، ثم يلى ذلك محاولة ربط هذه الحقائق بفروض علمية على أساس من العلاقات التى يحتمل منطقيا أن تربطها بعضها ببعض ٠٠ فلنبدأ بسرد الحقائق ٠٠ وسنكتفى فى حالتنا هذه بذكر حقيقتين رئيسيتين كانتا معلومتين للعاملين فى العشرينيات :

الحقيقة الأولى :

وجود « فترة سلام ظاهرى » قبل احتدام المعركة بين الجسم والجلد الغريب ٠

الحقيقة الثانية :

« فترة السلام الظاهرى » هذه تقصر بشكل واضح اذا ما نقلت قطعة جلد ثانية من نفس المصدر الأصلى الى الشخص نفسه بعد سقوط القطعة الأولى ٠

شكل (١) شجرة الاحتمالات المنطقية لتفسير سقوط الجلد المنقول

- الأجسام المضادة (ج)
  - (١) موجودة أصلا
    - ١-(أ) في الجلد الغريب
      - ١-(أ)-١ نوعية
      - ١-(أ)-٢ غير نوعية
    - ١-(ب) في الجسم المنقول إليه
      - ١-(ب)-١ نوعية
      - ١-(ب)-٢ غير نوعية
  - (٢) تتكون بعملية النقل
    - ٢-(أ) في الجلد الغريب
      - ٢-(أ)-١ نوعية
      - ٢-(أ)-٢ غير نوعية
    - ٢-(ب) - في الجسم المنقول إليه
      - ٢-(ب)-١ نوعية
      - ٢-(ب)-٢ غير نوعية

- ج
  - (١)
    - ١-(أ)
      - ١-(أ)-١
      - ١-(أ)-٢
    - ١-(ب)
      - ١(ب)-١
      - ١(ب)-٢
  - (٢)
    - ٢-(أ)
      - ٢-(أ)-١
      - ٢-(أ)-٢
    - ٢(ب)
      - ٢-(ب)-١
      - ٢-(ب)-٢

تلزمنا الآن نقطة بدء لتفكيرنا نبنى منهـا سلسلتنا المنطقية ، ونقطـة البدء التى تفرض نفسها علينـا والتى تشير اليها مشاهداتنا هى احتمال تكون « أجسام مضادة » للجلد الغريب نتيجة وجوده فى الجسم المنقول اليه . ويبدو هذا الافتراض معقولا كنقطـة بدء نسـتطيع أن نبنى منهـا إحتمالاتنا على شـكل سلسلة متفرعة سنسميها بالشجرة الاحتمالية نوضحها فى شـكل (١) ونلاحظ أننا نبـدأ من الافتراض الأساسى الذى نرمز له بالرمز (ج) فى الشكل وهو يكون مصدر الاحتمالات المنطقية اللاحقة ويتفرع من (ج) احتمالان ١ ، ٢ ويتفرع من (١) احتمالان ١ ــ (أ) و ١ ــ (ب) ومن الثانى يتفرع الاحتمالان ٢ ــ (أ) و ٢ ــ (ب)، وهكذا تمتد شجرتنا وتغزر فروعها كلما ابتعدنا عن نقطة الأصل (ج) ، واذا ما أردنا أن نتسلق هذه الشجرة من نقطة الأصل هذه فاننا نستطيع أن نصل لنهايتها سالكين طريقا من ثمان طرق كمـا هو واضح من شكل (١) منها مثـلا الطريق : ج ←١ ←١ــ(أ) ← ١ــ (أ) ــ ٢ الذى يعنى «الأجسام المضادة موجودة أصلا فى الجلد الغريب، وهى غير نوعية » أو الطريق ج ← ٢ ← ٢ــ(ب) ← ٢ــ (ب) ــ ١ وهو بدوره يعنى «الاجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل ، فى الجسم المنقول له ، وهى نوعية أى أنها مضادة لهذا الجلد بالذات» .. وهكذا نستطيع أن نكون ثمانية جمل مركبة باتخاذ طريق معين يبدأ من الأصل ويتفرع نحو أحد نهايات الشجرة .. كل جملة من جملنا الثمانية سنسميها فرضا علميا ، يحتمل صوابه كما يحتمل خطؤه وذلك يتوقف

على صواب مكوناته أو خطئها ، وفى حالتنا هــذه لا يكون الفرض صحيحا الا اذا كانت على كل المكونات صــحيحة ، فيكفى زيف أحد مكونات الفرض ليــكون كله زائفــا وفى الفرض ج ← ١ ← ١ (أ) ← ١ — (أ) — ٢ يجب أن يكون افتراض وجود الاجسام المضادة صحيحا كما يجب أن تكون هذه الاجسام موجودة أصلا فى الجلد الغريب كما يجب أن تكون هذه الأجسام غير نوعية أى أنها تؤدى الى انفصال الجلد المنقول مهما كان مصدره وزيف أى من هذه المقولات الاربع يزيف الفرض كله .

وسنلاحظ أن شجرتنا المنطقية تزداد فروعها كثافة كلما ابتعدنا عن أصلها (ج) ومن حسن حظنا فى هذا المثال أن عدد الفروع فى كل خطوة محدود وقاصر على فرعين فى كل حالة وممكن للقارىء أن يتصور الكثافة التى يمكن أن تصل اليها مثل هذه الشجرة لو تعددت الاحتمالات فى كل خطوة من خطوات رحلتنا من الأصل الى القمة .. ولذا فان الخطوة المعقولة التالية هى أن نحاول استبعاد أكثر عدد من الفروض على أساس من المعلومات المؤكدة المعلومة لدينا عن هذا الموضوع ، فلنحاول أن نحقق ذلك فى مثالنا هذا ، فقد سبق أن ذكرنا حقيقيتين موثوقا بهما وكانتا معروفتين فى العشرينيات .. وبالتأمل فى الحقيقة الأولى فاننا نستطيع أن نستبعد على الفور احتمال وجود الأجسام المضادة أصلا قبل عملية النقل لأن ذلك يتناقض مع ظاهرة وجود فترة

السلام الظاهرى ، فلو كانت الأجسام المضادة موجودة بالفعل قبل نقل الجلد لنشبت المعركة فور التصاق الجلد الغريب بالجسم ، فهذا الاحتمال اذن يتناقض مع وجود فترة سلام ظاهرى ·· وهكذا يستبعد نصف شجرتنا بأكمله على أساس هذا التناقض ·· فما هى المسالك الاحتمالية المتبقية الممكن استبعادها على أساس التناقض مع الحقيقة الثانية ؟ ··مما لا شك فيه أن قصر فترة السلام الظاهرى بعد عملية النقل الثانية يدل على أن الأجسام المضادة التى تكونت أثناء عملية النقل الأولى ما زالت موجودة فى الجسم ولذلك فان فترة السلام تكون قصيرة ، هذا يستبعد الاحتمال بأن هذه الأجسام تتكون فى الجلد المنقول ، وهكذا تسقط الفروع من نصف شجرتنا المتبقى وفى الواقع فأنه لم يتبقى لنا الا فرضان أثنان فقط ·

الفرض الأول :

الأجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل فى الجسم المنقول اليه وهذه الأجسام نوعية (أى لا تؤثر الا على جلد الشخص الذى أعطى الجلد)

الفرض الثانى :

الأجسام المضادة تتكون بعد عملية النقل فى الجسم المنقول اليه وهذه الأجسام غير نوعية (أى تؤثر على أى جلد مهما كان مصدره)

النماذج التجريبية لحسم الفروض ·

لم تكن هناك حقائق أكيدة معلومة فى العشرينيات يمكن أن تتخذ أساسا لا ستبعاد أى من الاحتمالين السابقين فلا مفر اذن من اللجوء الى التجربة لحسم الموقف ·· ومن الواضح أن تجربة مبنية على أساس « نموذج تجريبى » بسيط أمر مرغوب فيه ويسهل مهمتنا ·· هذا ماحدث بالفعل على يد اميــل هولمان عام ١٩٢٣ عنــدما كان يعمل طبيبا مقيما بقسم الجراحة فى مستشفى برجهام ببوسطن وواجهته مشكلة علاج طفل مصاب بحروق فى وجهه وجسده أدت الى أن تتعرى مساحات واسعة من جسمه ، وكانت تجربته بسيطة تماما اذ أنه قام بنقل تســع قطع جلدية صغيرة من متطوع (أ) لبعض المســاحات العارية فى جسم الطفل وفى نفس الوقت نقل اثنتى عشرة قطعــة من جلد متطوع ثان (ب) لتغطية مساحات أخرى ، وبدا أن كل شيء يسير على ما يرام وأن القطع الجلدية المنقولة من المتطوعين (أ) و (ب) تستمرىء العيش فى وسطها الجديد وتزود الطفل المصاب بالدفء والوقاية ، وبعد ثمانية عشر يوما نقل هولمان تسع قطع من جلد متطوع ثالث (ج) الى مناطق عارية أخرى من جسم الطفل ، وبعد أربعة أيام قام بنقل مجموعة ثانية من جلد المتطوع الثانى (ب) الى نفس الطفل ·

هذا هو النموذج التجريبى البسيط الذى استخدمه هولمان ، فعملية نقل أى من القطع الجلدية تمثل « محاولة

تجريبية » ليس لها سوى أحد مآلين أما « الفشـــل » أو « النجاح » مما يسهل عملية رصد النتائج وتحليلها • وفى حالة الفشل فهناك احتمالان : أولهما سقوط الجلد بعـد فترة السـلام الظاهرى والثانى سقوط الجلد بدون هذه الفترة ، ويمثل ذلك فى شـكل (٢) على صورة شـجيرة احتمالية تنـظم أفكارنا بحصر النتـائج المحتملة لتجربتنا مما يسهل استدلالنا على مغزى الاحتمالات المنطقية فى ضوء الفرضين العلميين المتبقيين لنـا • وقد حصـل هولمان على النتائج التالية :

١ ــ عملية النقل من المتطوع الأول : فشل بعد فترة سلام •

٢ ــ عملية النقل الأولى من المتطوع الثانى : فشل بعد فترة سلام مساوية تماما للفترة فى الحالة الأولى •

٣ ــ عملية النقل الثانية من المتطوع الثانى : سقطت الرقع جميعا مع سقوط المجموعة الأولى من نفس المتطوع وبدون فترة السلام بالرغم من أن العمليتين بينهما فترة ثمانية عشر يوما •

٤ ــ عملية النقل من المتطوع الثالث : فشل بعـد فترة سلام مساوية للمجموعتين (١) ، (٢) •

وان هذه النتائج تدعم استنتاجنا الأصلى بأن الأجسام المضادة تتكون فى الجسم المنقول اليه بدليل سقوط المجموعة

نقل الرقعة الجلدية ← ينجح

← يفشل ← بعد فترة السلام الظاهرى

← بدون فترة السلام الظاهرى

شكل (٢) الشجرة الاحتمالية لنتائج تجربة نقل رقعة جلدية من متطوع الى شخص ثانى

الثانية من قطع جلد المتطوع الثانى مع المجموعة الأولى ، بالرغم من عدم مرور وقت كاف على نقل المجموعة الثانية ، كما أن هذه النتائج أيضا ترجح أن هذه الأجسام نوعية أى أن كلا منها يختص بابادة الجلد المستمد من مصدر واحد فقط • وهناك دليلان فى تجربة هولمان على هذا : أولهما أن جلد المتطوع الثالث لم يسقط مع جلد المتطوعين الآخرين بل سقط بعد فترة السـلام المعتادة اللازمة لتكوين هذه الأجسام ، كما أن سقوط المجموعة الثانية من جلد المتطوع الثانى مع المجموعةالأولى دليل آخر على نوعية هذه الأجسام •

لا يسع المرء الا أن يعبر عن اعجابه الشديد بتجربة هولمان هذه فهى تتسم بالرشاقة والبساطة مع الفاعلية •• إن الأمر لم يستغرق سوى أسابيع قليلة لحسم الفروض ولا يجاد التفسير العلمى لظاهرة سـقوط الجلد المنقول من فرد الى آخر على أساس تكون أجسـام مضـادة فى الجسم المنقول اليه وأن هذه الأجسام نوعية ضد الجلد المستمد من مصدر واحد •

الأجسام المثيرة والأجسام المضادة وجهاز المناعة

ويجب أن نتسائل الآن : ما الذى يثير الجسم لتكوين هذه الأجسام المضادة • ؟ دعنا نفترض مرة أخرى أن بالجلد الغريب عوامل سنسميها « بالأجسام المثيرة » تتعرف عليها الذات البيولوجية للجسم المنقول اليه فتكون أجساما مضادة

لها ، هذا الافتراض يماثل ما عرف فيما بعد عن قـــدرة الجسم على مقاومة الجراثيم الضارة ، فان استمرار حياتنا يتوقف على تعرف ذواتنا البيولوجية على هذه الجراثيم عندما تغزو أجسامنا فتكون أجساما مضادة لها ، سرعان ما تتحد معها فترسبها أو تضعف من نشاطها ، وفى حالة الجراثيم هذه فاننا نعلم أن بعض مكونات جسمها يلعب دور «المثير» الذى يستفز ذاوتنا لتكوين أجسام مضادة نوعية ضد كل نوع من أنواع الاجسام المثيرة يؤثر عليها دون ما عداها ·· أما فى حالة نقل الأنسجة فان وجود الأجسام « المثيرة » فى النسيج المنقول ان هو الا وجود افتراض أملتــه علينا ضرورة ملء الثغرات فى نسيجنا المنطقى فما دام افتراض تكون أجسام مضادة أمرا لازما كنقطة بدء ، فلا مفر من التسليم المؤقت بافتراض وجود ما يثير تكوينها فى النسيج المنقول واليوم وقد مر أكثر من أربعين عاما على تجــارب هولمان فان مثل هذه الأجسام لم تفصل بعد فى حالة نقية أو شبه نقية ، وما زال وجودها لايتعدى كونه فرضـــا لايتناقض مع أى من النتائج التجريبية التى حصل عليها المجربون بالفعل أثناء تجارب تتضمن نتائجها المحتملة ، احتمالات تتناقض مع هذا الفرض ··

والوجود الافتراضى لهذه الأجسام المثيرة وما يقابلها من الأجسام المضادة النوعية ، قد أثرى العلوم البيولوجية بمجموعة ضخمة من النتائج والمفاهيم العلمية ، وليس هذا الموقف فريدا فى نوعه فميدان العــلوم ملء بنقط الوثوب

الافتراضية هذه وكل مايتطلبه التفكير العــلمى منها هو « سلامتها » كما أسلفنا ، وأن نذكر خلال رحلتنا الطويلة أننا بدأنا بقولنا « لو سلمنا بوجود الأجسام المثيرة فانه من المحتمل أن ... »

بروتين ضد بروتين :

أما عن الأجسام المضـــادة نفسها فاننا نعلم الكثير عنها ، فنعلم أنها مركبات معقدة التركيب جزيئاتها ضخمة نسبيا وأنها تتكون فى خلايا صغيرة الحجم تسمى بالخــلايا اللمفاوية ، موجــودة فى الدم والطحال والعقد اللمفاوية واللوزتين والنخاع العظمى وغيرها من الأنسجة .. هذه الخلايا ومثيلاتها تكون جهازا مناعيا واسع الانتشار يتميز بالقدرة الفائقة على الحركة والتفاعل ولا يكاد يخلو مكان ما من جسدنا منه ولا غرو فى ذلك فوجودها حيوى للدفاع ضد الغرباء والدخلاء .

وتسمى ظاهرة تكون الأجسام المضادة ضد الأجسام المثيرة بظاهرة « المناعة » وهى كما أسلفنا عمليــة نوعيــة بمعنى أن كل جسم مضاد متخصص فى الالتحام مع جسم مثير واحد أينما يتم لقاؤهما وله القدرة على التعرف عليه أينما وجد .. ومعظم الاجســـام المثيرة تنتمى الى فصيلة المركبات البروتينية كما أن الاجسام المضادة تنتمى كذلك الى نفس الفصيلة .

وافتراض وجـــود المثيرات البروتينية فى الأنسجة وتكون الأجسام المضادة لها يواجه عددا من الأسئلة هي فى حد ذاتها بمثابة اختبارات لصحة الفروض العلمية ... ونذكر من هذه الأسئلة ثلاثا :

١ ـ كيف يميز جهاز المناعة البروتينات التى تنتمى الى الجسم نفسه فلا تتكون أجسام مضادة لها فتقوم بداخل أجسامنا مايشبه الحرب الاهلية ؟

٢ ـ هل من سبيل لأن نهدىء من حدة طباع الذات البيولوجية بحيث نجعلها تتقبل وجود الغرباء ؟

٣ ـ كيف نفسر ما تتمتع به الذات البيولوجية من « ذاكرة » فريدة بحيث تظل صـــورة المثير الغريب الذى سبق أن تعرضت له ماثلة فى مخيلتها ويتم التعرف عليه لدى ظهوره مرة أخرى ولو كان بين اللقاءين أيام أو شهور أو سنون طويلة ؟

لم يتناول العلم هذه المسائل بشكل جدى حتى عام ١٩٤٠ عندما تقدم العالم الأسترالى ماكفرلين بيرنيت بفرض علمى نشره فى المجلة الأسترالية للعلوم وقد بنى برنيت فرضه على أسس منطقية خالصة فى محاولة للاجابة عن الأسئلة الثلاث ولذا فان هذا الفرض يذكر فى الكتابات العلمية اليوم باعتباره نبوءة علمية، اذ أن التحقيق التجريبى لنبوءة بيرنيت لم يتم الا بعد ثلاثة عشر عاما .

فكرة « الفروع » لما كفرلين بيرنيت

سنحاول أن نعرض أفكار بيرنيت وفروضه مع بيان مفصل بعض الشيء للتشريح المنطقى لهذه الفروض . ان الفكرة التى يقدمها بيرنيت تعرف اليوم « بنظرية الفروع » وهى تقرر أن الجنين قبل ولادته يحتوى جسمه على الملايين من الخلايا الحية يمكن تتبع كل منها الى أصل معين نشأت منه وتفرعت عنه ، فلكل خلية أشقاء وأولاد عمومة كما أن لها آباء وأعماما واجدادا .. الخ . وهى بذلك تكون مجموعات كل مجموعة تتفرع من أصل واحد ، فاذا ما تعرضت هذه الخلايا داخل الجنين الى «بروتين » مثير وكانت لهذه الخلايا قدرة على التعرف عليه والتناقض معه فان معركة تنشأ وعراكا يحتدم ، ولكن الصغار لا يحتملون أوار المعركة فيموت الأفراد المنتمون الى الفرع كله فتختفى من الميدان كل خلية مشاغبة قادرة على التعرف على المثير ولا يبقى فى الميدان الا من لا يضيرهم وجوده ومن يقبلون التعايش معه .

ويبدو أن هذه الخطوة لازمة قبل أن يولد الجنين ويخرج الى الحياة ، لتصفية مسببات النزاع الداخلى وتوحيد الجبهة الداخلية ليتفرغ الكائن بعد ولادته لمواجهة الغرباء القادمين من الخارج بعد أن تختفى من ذاته كل الخلايا المسببة للمعارك الداخلية ... وفى هذه الأثناء يتم للخلايا نضوجها ويشتد عودها بحيث اذا ما تعرضت لمثير لم يسبق لها التعرض له وكانت لها القدرة على التعرف عليه ، فان

الصراع الناشيء لا ينتهى بفناء الخلايا مع فرعها بل يؤدى الى تكوين الأجسام المضادة ، وقد أطلق بيرنيت اسم «الفترة الحرجة» على الفترة التى يتم فيها هذا النضوج وتكتسب القدرة على تكوين الأجسام المضادة فهى تحدد الانتقال من مرحلة «الحرب الاهلية» الى مرحلة الوحدة ضد الغرباء ٠٠ وتنتهى بتصفية الفروع القــادرة على التناقض مع الفروع الاخرى فى نفس الفرد والقتال معها ولا يتبقى سوى الخلايا القادرة على القتال مع الغرباء ٠٠ وهذا يفسر النجاح فى نقل نسيج من شخص الى نفسه فعمليات النقل هذه مضمون نجاحها تماما مثل أن ننقل قطعة جلد من مكان الى آخر فى نفس الشخص بدون الخوف من اثارة المتاعب التى يسببها جهاز المناعة ٠٠

هذه هى فكرة الفروع الشهيرة التى تجيب على سؤالنا الاول ويجب أن نذكر أنها فى جوهرها مجرد فرض ، فهل هو فرض سليم ؟ يتوقف ذلك حسب ما أسلفنا على امكانية ايجاد محــاولة تجريبية يكون أحد نتائجها المحتملة منطقيا متناقضا مع الفرض ٠٠ فهل فى الامكان التفكير فى مثل هذه التجربة فى حالة فرض بيرنيت ؟

دعنا نتصور التجربة التالية : فلنحقن جنينا وهو فى رحم أمه بخلايا غريبة وذلك قبل المرحلة الحرجة ولتكن هذه الخلايا من النوع القادر على أن يثير جهاز المناعة لو أنها حقنت بعد ولادة الجنين فتتكون أجسام مضادة لها ،

ولندع الجنين يكتمل نموه ويولد ويجتاز المرحلة الحرجة ولنتصور كذلك أننا حقناه في هذه المرحلة مرة أخرى بنفس الخلايا الغريبة السابق حقنه بهـــا وهو جنين ·· ما هى النتائج المتوقعة منطقيا لمثل هذه المحاولة ؟ ليس من العسير أن نقرر أنه لا يوجد سوى احتمالين : فاما أن يتقبل الجسم الخــلايا الغريبة بدون صراع واما أن لا يتقبلها شأنه فى ذلك شأن كل أفراد جنسه ممن لم يسبق لهم التعرض لمثل هذه الخلايا أثناء حياتهم الجنينية ··

من الواضح أن الاحتمال الاول يتفق مع فرض بيرنيت والاحتمال الثانى يتناقض معه ووجـود الاحتمالين كنتائج متوقعة للتجربة يضفى « السلامة العلمية » على الفرض ·· فلنر كيــف يتفق هذان الاحتمالان أو يتناقضان مع فكرة الفروع ·· نتوقع حسب هذه الفكرة أن الخلايا القادرة على التفاعل مع الخلايا الغريبة التى حقنا الجنين بها ستفنى هى وفروعها أثنــاء الصراع بحيث لا يتبقى فى الميـدان سوى الخلايا التى لا يضيرها وجود الغرباء أو لا تعيرهم التفاتا·· فحقن هـــذا الجنين بنفس الخلايا مرة أخرى بعد اكتمال نضوجه لا يتبعه أى حدث مناعى لانعـــدام وجود الخلايا القادرة على التعرف عليها وتكوين أجسام مضادة لها ··

ان قوة فرض بيرنيت لا تكمن فقط فيما يقدمه من أفكار بل فيما يحتويه من احتمالات منطقية كامنة وقادرة على الايحاء بأنماط تجريبية ملهمة وقادرة على تقديم التنبؤات

الدقيقة عما قد تسفر عنه التجـــارب ·· فهل قام فرض بيرنيت بهذا الدور الملهم بالفعل ؟ لم يقم المجربون باختبار هــذا الفرض تجريبيا الا عـــام ١٩٥٣ حينما نشر مدوار وزملاؤه تقريرهم الشهير وقد استخدموا فى تجاربهم أنثى جرذ حاملا من فصيلة معينة بأن قاموا بحقن الاجنة المستقرة داخل رحمها بخلايا مســتمدة من فصيلة غريبة ·· وبعد أربعة أيام من عملية الحقن هذه ولدت جرذانا خمسة صغارا وما ان تجاوزت الجرذان الاسبوع الثامن من عمرهــا حتى قاموا بنقل قطعة جلد صغيرة الى ظهر كل منهـــا ، هذه القطعة أخذت من نفس الفصيلة التى حقنت بخلاياها وهى أجنة داخل أرحام أمها ، ومن المعلوم أنه فى الظروف العادية تسقط هــذه الرقعة الجلدية حتما بعد فترة سلام ظاهرى كما أسلفنا ، ولكن فى حالتنا هذه فان الرقع الجلدية ظلت مكانها ناعمة هادئة البال فوق ظهور الجرذان الخمسة ··

ان هذه النتيجة تتنبأ بها فكرة بيرنيت وتتوقعها ، كما أن هذه التجربة تتضمن الاجابة عن تساؤلنا الثـانى بشأن امكانية خلق حالة تحمل بطرق صناعية ينتج عنهــا أن تتحمل الذات البيولوجية وجود الانسجة الغريبة ·· اذ تدل هذه التجربة على أنه من الممكن خداع الجهاز المناعى بتعريضه للأنسجة الغريبة قبل اكتمال نضــوجه أى قبل فترة بيرنيت الحرجة ··

وقد تمكن الأستاذ وودراف فى لندن من اجراء تجربة مشابهة ولكن على آدميين ، اذ حصل على موافقة من عدد من

الآباء على أن يحقن ابن كل منهم بكميات ضئيلة من خلايا الدم البيضاء المأخوذة من والد الطفل نفسه وذلك بمجرد ولادته ·· وعندما تجاوز هؤلاء الاطفال الشهر السادس من أعمارهم نقل وودراف قطعة صغيرة من جلد كل من الآباء الى ابنه ·· وجاءت النتيجة تماما كما تتنبأ بها فكرة بيرنيت ·· حياة سعيدة طويلة لجلود الآباء على أجساد الأبناء ·· وبذا أثبت وودراف أن ما بينه مدوار فى حالة الجرذان صحيح أيضا لدى الانسان ··

ونستأذن القارىء فى الاسترسال فى ابراز القوى الابداعية الكامنة فى فرض بيرنيت وقدرته على التنبؤ ببعض المواقف البيولوجية الخاصة فنذكر مثالا آخر لذلك ·· فمن المعلوم أن التوائم نوعان : فى النوع الاول ينشأ التوأمان من نفس البويضة فلذا ينطبقان تماما فى صفاتهما الظاهرة منها والباطنة ، أما النوع الثانى فينشأ التوأمان من بويضتين ولذا فهما يختلفان فى كافة الصفات وان كانا ينشآن ويعيشان معيشة مشتركة فى رحم أمهما ، هذه المعيشة تسمح بنوع من التبادل بين خلايا كل منهما من خلال اختلاط دورتهما الدموية ويتم هذا التبادل أثناء المرحلة الجنينية ، أى قبل الفترة الحرجة ، ولذا فان مثل هذه التوائم تكون نماذج تجريبية هامة تسمح باختبار فرض بيرنيت ، وهذا ما تناوله الطبيب البيطرى آوين لدى دراسته لتوائم الماشية فمن المعلوم أن ولادة التوائم أمر نادر الحدوث فى الماشية وأندر منه ولادة التوائم المتماثلة ومن المعلوم

كذلك أن الفرد يولد منتميا لفصيلة واحدة من فصائل الدم تميزه ، وذلك ينشأ نتيجة لوجود بروتين مميز فى خلايا الدم الحمراء ، كما يحتوى سائل الدم المعروف بالمصل على أجسام مضادة لهذه البروتينات ولكل فصيلة معينة الجسم المضاد النوعي الخاص بها وعند تلاقيهما فان اتحـادا يتم ينتج عنه ترسيب الخلايا ثم تكسرها ، فمن الواضح اذن أن الفرد الواحد لا يستطيع أن يحتـوى دمه على البروتين المميز لفصيلة معينة مع الجسم المضاد له فى آن واحد فقد تحتوى خلايا كل منا على البروتين المميز لفصيلة ما كما قد يحتوى المصل على الجسم المضاد لما عدا ذلك من فصائل ، ومن الواضح كذلك أنه ليس من الممكن أن تحتوى الخلايا على مميزات فصيلتين فى نفس الوقت ، فما هو الوضع فى حالة التوائم غير المتشابهة ؟.. ان فكرة بيرنيت لا تستبعد احتـمال انتـماء خلايا دم كل من التوأمين الى فصيلتين مختلفتين ، وذلك لأن امتزاج دمهما أثناء حياتهما داخل رحم الأم يؤدى الى اختفاء الفروع القـادرة على تكوين أجسام مضادة ضد الفصيلة الاخرى عند نضوجها المناعى ، هذا الامتزاج يتم قبل الفترة الحرجة ، أى فى المرحلة التى يؤدى فيهـا التناقض الى اختفاء فروع الخلايا وليس الى تكوين أجسام مضادة .. وهذا بالفعل ما شاهده آوين فى توائم البقر اذ بين بوضـوح أن خلايا أى من التوأمين يمكن أن تنتمى الى فصيلتين مختلفتين وبالرغم من ذلك فالخـلايا المختلفة تعيش معا فى وئام وسلام ..

ولا تقتصر هذه الظاهرة على البقر ففى أحد معامل نقل الدم في شيفيلد وجدت احدى المساعدات صعوبة كبيرة فى اختبار وتعيين فصيلة دم أحد المتطوعين اذ بدا لها أن دم المتطوع ينتمى الى فصيلتين فى نفس الوقت ، الامر الذى لم تشهد له مثيلا من قبل بالرغم من اختبارها لدماء مئات المتطوعين ، وقدمت تقريرا بهذا الى رئيسها الدكتور واترفورد ، الذى تأكد بنفسه من صحة ملاحظة مساعدته ، وطلب المتطوع وواجهه واترفورد على الفور بالسؤال عما اذا كان له شقيق توأم ، وكانت اجابة المتطوع بالايجاب ٠ ولم يكن الأمر سوى مثل آخر آدمى لما شاهده آوين فى البقر وقد تتابع بعد هذا اكتشاف التوائم التى تنتمى خلايا الدم فى كل منها الى أكثر من فصيلة في نفس الوقت ٠٠ تماما كما تتنبأ به فكرة « الفروع » ٠

مزيد من التنبؤات :

اننا اليوم نعلم الكثير عن جهاز المناعة وهو الجهاز الذى وكلت اليه ذاتنا البيولوجية مهمة التعرف على ما يدخل أجسامنا من مركبات سواء عن طريق الطعام أو الهواء أو عن طريق آخر ، هذا الجهاز له القدرة على التمييز بين الاعداء والأصدقاء ، أما الأصدقاء فيمرون بسلام ، وأما الاعداء فتحشد لهم الاجسام المضادة كما ذكرنا ٠ ونعلم اليوم أن جهاز المناعة هذا هو ما يعرف بالنسيج اللمفاوى ووحدته

هى الخليــــة التى تعرف باسم الخلية اللمفية الصغيرة • (شكل ٣) •

والسؤال الآن •• هــل توجد فى أجسامنا أنســجة وخلايا نشأت فى عزلة عن جهاز المناعة ولم يتم اللقاء بينهما قبل الفترة الحرجة ؟ وان وجد ذلك فماذا يحدث لو تم اللقاء بعد الفترة الحرجة ؟

ان نظرية « الفروع » تتنبأ بكل ســـــهولة بما عساه يحدث لو أن مثل هذا الامر قد تم بالفعل •• فلابد من أن تعامل الذات البيولوجية مثل هذه الانسجة « الانعزالية » معاملة الغرباء فتكون الاجسام المضادة ضدها أى أن الجسم تنتابه الغفلة فيكون الاجسام ضد من ينتمون اليه•• ففرض بيرنيت اذن يسمح بوجود «مناعة ذاتية» أى بامكان حدوث حرب أهلية محدودة النطاق •

ونعود لسؤالنا : هل يمكن أن يحدث هذا فى الواقع البيولوجى ؟

نعم هذا ما يحدث فى بعض الاحيان فمن المعلوم أن بعض الأعضاء والأنسجة تنعزل فى مرحلة مبكرة من نموها فى مرحلة الجنين فتخلو من وكلاء الجهاز اللمفاوى وعملائه، وتستمر هذه العزلة والتعالى بعد الولادة •• وتقوم مثل هذه الانسجة بنشاطها دون أن تدرى بها أجهزة المناعة •• وقد يحدث حادث ما يفتح ثغرة فى جدار هذه العزلة فتتسرب بعض الخـــلايا أو مكوناتها الى الدورة الدموية أو تتسرب



الخـــلايا اللمفاوية الى هذه الانسجة والاعضـــاء وليس من العسير أن نتنبأ بما قد يحـــدث عند حدوث هـذا اللقاء المتأخر ٠٠ فالأوامر لدى الخلايا اللمفاوية صريحة وحازمة٠ هؤلاء غرباء تماما عليها فلم يسبق لهما التعارف أو الالفة٠٠ فيتم الالتحام وتتكون الاجسام المضادة ٠٠ هذا ماقد يحدث فى أجهزتنا العصبية بما فيها المخ ، أو فى الغدة الدرقية التى تقع فى الرقبة وتفرز هرمونات لازمة لتنظيم نشاطنا الجسدى ، أو فى الخصية أو عدسة العين ، كلها أنسجة تخلو من الخـــلايا اللمفـــاوية ومعزولة عنها منذ حياتها الجنينية ٠٠ ان الحادث الذى قد يحدث فيكسر الحـائط العازل قد يكون اصابة أو التهابا ٠٠ أو ما شابه ذلك ٠٠

فتحدث المأساة فيحطم الجسم أعضاءه ويتسبب عن ذلك أمراض ظل أمرها غامضا حقبة طويلة ٠ وكان الطب يقف حائرا فى تفسير ما يجرى وكانت هذه الامراض تصنف تحت اسم «الامراض غير المعلومة المسببات» ٠٠ الى أن أعيد النظر فى أواخر الخمسينيات وفى الستينيات فى أمر هذه الامراض على ضوء فكرة الفروع فبـدا الامر قابلا للتفسير والفهم وهى تعرف اليوم باسم أمراض «المناعة الذاتية» ٠٠ نجاح آخر لنبوءة علمية ٠٠

ألا يستحق بيرنيت مقدم هذه النظرية اذن أن يمنح جائزة نوبل عام ١٩٦٠ مشاركة مع مدوار الذى قام بالتحقيق التجريبى لأفكاره ؟ ٠٠

تطور جهاز المناعة فى الفرد :

بدا الاهتمام بتطور جهاز المناعة منذ عام ١٩٦١ اثر أن نشر موللر نتائج تجاربه التى أدت الى اماطة اللثام عن وظيفة من وظائف غدة الثايموس التى تقع داخل الصدر وأمام القلب ، وقد كان وجود هذه الغدة يشكل لغزا علميا محيرا لقلة ما هو معلوم عن وظائفها بالرغم مما تشغله من حيز كبير نسبيا فى الاطفال اثر ولادتهم الا أنها تأخذ فى الضمور بتقدم العمر ٠

وقد لاحظ موللر أن استئصال هذه الغدة فى الجرذان فور ولادتها يؤدى الى تغيرات فى ظواهر المناعة لدى هذه الجرذان فمن الممكن مثلا لمثل هذه الجرذان أن تتقبل نقل الرقع الجلدية الغريبة كما أن قدرتها على تكوين الاجسام المضادة ضد الجراثيم تقل بشكل ملحوظ ، كل هذا يصاحبه اختفاء الخلايا اللمفاوية من الدم والانسجة ٠٠ وقد لاحظ موللر فضلا عن هذا أنه لو تأخر استئصال الثيموس عدة أسابيع بعد الولادة فان مظاهر اختلال جهاز المناعة هذه لا تظهر فترفض أجسام الجرذان مثلا الجلد الغريب المنقول اليها ، وتحتفظ بقدرتها على تكوين الاجسام المضادة وتنمو الانسجة والخلايا اللمفاوية نموا عاديا ٠

يبدو اذن أن نشاط ونمو جهاز المناعة عقب الولادة يعتمدان على وجود غدة الثيموس ويبدو كذلك ان هذا الجهاز سرعان ما يكتسب استقلاله فيصبح وجوده ونشاطه غير معتمدين على الثايموس ٠٠

ونترك للقارىء متعة التفكير فى وضع الفروض العلمية لتفسير دور الثايموس ، هذا وما زال مجال العمل العلمى فى هذه المنطقة مفتوحا ، فمن الجائز أن نفكر فى وجود أجسام منشطة للجهاز اللمفاوى يفرزها الثايموس ، كما يمكن أن نفترض أن الثايموس يقوم بدور «مخزن البذور» وأن هذا المخزن تنبعث منه البذور الصالحة التى تستقر فى أماكن متفرقة لتعطى ثمارها من أنسجة وخلايا لمفاوية، ثم سرعان ما يفرغ هذا المخزن أو يكاد وتتكون فى الجسم مخازن فرعية تنمى مواردها الذاتية وتكون الاحتياطى اللازم لأجهزة المناعة • هذان فرضان لم يحسما بعد ، كما أنه من الممكن أن يتصور الانسان فروضا أخرى ، كما انه من الممكن كذلك أن نفكر فى تصميم التجارب المناسبة لدحض هذه الفروض واثباتها ، وهذه المهمة نتركها للقارىء ••

الفصل الثالث

الأساس الجزيئى للذات البيولوجية

١- بناء جزىء البروتين

استعرضنا فى الفصل السابق مظاهر وجود «الذات» البيولوجية التى يتميز بها العالم الداخلى لكل منا ، والتى تمثل أحد الخطوط الدفاعية الاساسية ضد العناصر المعادية الغريبة التى يمتلىء بها العالم الخارجى ٠ وكان تناولنا فى هذا الفصل تناولا عاما لعمليـــات بيولوجية برمتها ، وقد آثرنا أن نتتبع الخطوات التى سار فيهـا البحث العلمى حسب الترتيب الزمنى لحدوثها مع اهتمامنا بابراز معـالم التشريح المنطقى الذى يكون نسيج عملية الكشف العلمى ٠

وفى هذا الفصل سنقوم بتقديم أفكار أكثر تحديدا متبعين نفس الاسلوب وستواجهنا بعض المصاعب فرحلتنا تبـــدأ من الخمسينات من هذا القرن وتشمل فترة تتميز باستخدام التكنولوجيا المعمليةعلى أوسع نطاق ، والمشتغلون

بالعلوم فى هذه الفترة مولعون بالتفاصيل المضنية والحديث العلمى المليء بالاصطلاحات المتحذلقة • ولكن هذه الفترة أيضا هى الفترة التى اقترب فيها العلم من قلب الذات البيولوجية النابض والتى خاض فيها وراء شفرة الحياة •

لا بد اذن من أن يشمل تناولنا أشياء قد لا يكون لبعضنا بها ألفة • ولكن هذه الصعوبة فى تقديم المادة العلمية تقابلها من الناحية الاخرى سهولة ويسر فى تتبع معالم المنهج ، فهذه مهمة قام بها عنا الباحثون فى كتاباتهم فذكروها صراحة فى مقالاتهم وكتبهم ، على حين أننا اضطررنا أن نغوص غوصا فى بحثنا عن معالم المنهج أثناء تناولنا للمادة العلمية التى احتواها الفصل السابق •

فلنبدأ رحلتنا باستعراض قصير لما يلزمنا من معلومات أساسية ومعظمها يتعلق بمركبات عضوية ضخمة الجزيئات تعرف باسم الجزيئات العملاقة أهمها البروتين والأحماض النووية •

المزيد عن البروتين

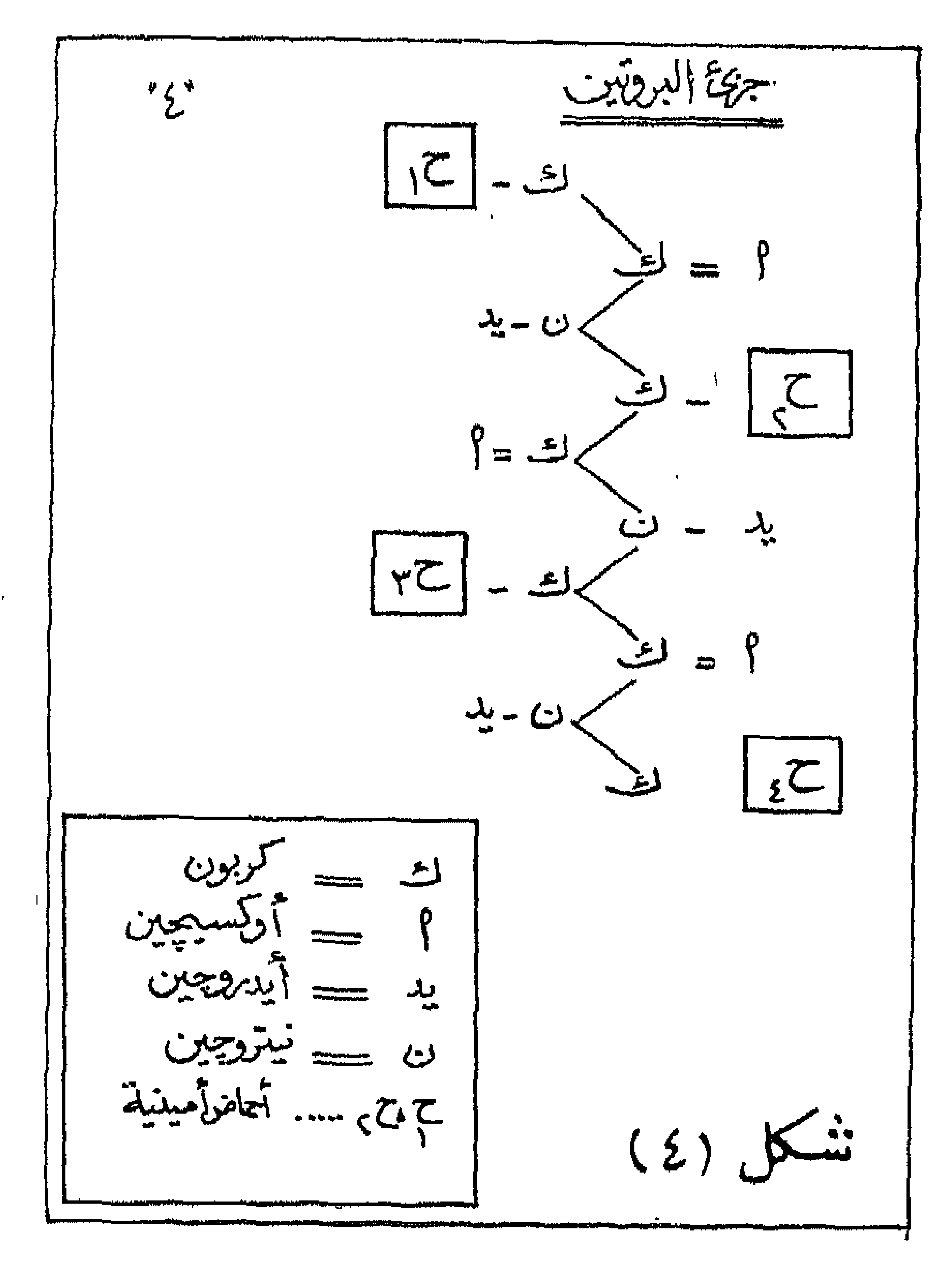
ان وجود الذات البيولوجية مرتبط أوثق الارتباط بالمركبات العضوية التى أسميناها بالبروتينات فى الفصلين السابقين • فنحن نعلم أن الغالبية العظمى من المواد المثيرة تنتمى الى هذه الفصيلة من المركبات كما أن كل الاجسام المضادة بلا استثناء ان هى الا مواد بروتينية • وكذلك

الخمـــائر (الأنزيمات) تنتمى الى نفس الفصيلة ، وهى عوامل وسـسيطة تعجـل من سرعه التفـــاعلات الكيميائية الاساسية فضلا عن أن بعض الهورمونات ان هى فى حقيقة الامر الا أمثلة من هذه المركبات الهـامة ولعل من أشهرها الأنسيولين اللازم لتمثيل السكر فى أجسامنا ٠

وأنسـجة كل منا تصنع آلاف الانواع من جزيئات البروتين بعضـها يميزنا كجنس بشرى ٠ فالانسـيولين الانسانى مثـلا يختلف فى التركيب عن مثيله الموجود فى الحيوانات وان تمـاثلا فى الوظيفة ، والبعض الآخر من جزيئات البروتين يميزنا كأفراد بعضنا عن البعض ولعل من أهمها الاجسام المثيرة السابق الاشارة اليها ٠

وبناء البروتينات اذن يمثل ظاهرة من أهم الظواهر البيولوجية وأكثرها تعقيدا ، كما أنهـا أكثرها ارتباطا بالاســاس العضوى للذات البيولوجية ٠ وجزىء أى من البروتينات ان هو الا سلسلة طويلة تشـبه العقد تتتابع خلالها الحبات الواحدة تلو الاخرى فى نظام ثابت ؛ وتعرف هذه الحبات بالاحماض الامينية وهى عشرون نوعا وسنرمز لها بالرموز ح١ ، ح٢ ٠٠٠ الى ٠٠٠ ح٢٠ ٠

والكيميائيون يعرفون خصائص هذه المركبات وطبائعها معرفة تفصيلية ٠ وفى شكل (٤) نرى رسما يوضح تتابع الاحماض الامينية التى تصلها الواحدة بالاخرى وصلات هى الاقسام من السلسلة المبينة فى الشكل الواقعة بين ح١،ح٢



التركيب الأساسى لجزىء البروتين ، حيث الأحماض الامينية الواحدة تلو الاخرى وتصلها بعضها ببعض وصلات تتكون من كربون واكسيجين وايدروجين

وبين ح٢ ، ح٣ وهكذا · وتعرف هذه الوصلات بالوصلات الببتيدية ·

وقد يحتــوى جزىء البروتين الواحد على عدد محدود من هذه الوحدات العشرين أو قد يحتوى عليها كلها ، ولكن الذى يعطى البروتين مميزاته وخصائصه ويحدد ذاتيته هو النمــــط الذى تتتابع فيــه الوحدات ح١ ، ح٢ ··· الخ فالبروتين الذى تتابعه ح١ ، ح٢ ، ح٣ ، ح٤ ، ··· يختلف تماما عن الذى تتابعه ح١ ، ح٣ ، ح٢ ، ح٤ أو ح١ ، ح٥ ، ح٢ ، ح٣ ، ··· فنظام تتــــابع الاحمــاض الامينية نظام صارم كل الصرامة فقد يســـبب اختلاف واحد فى موضع معين من التتابع تغـيرا جوهريا فى جزىء البروتين يفقده ذاتيته ويكسبه خصائص مغايرة للجزىء الأصلى ·

ان اكتشاف تتــــابع الاحماض الامينية فى جزيئات البروتينات المختلفة يكون فصلا رائعــا من فصول العلوم الكيميائية والحيوية ويكفى أن نذكر أن اكتشــاف التتابع المميز للانسيولين استحق صاحبه سانجر جائزة نوبل عام ١٩٥٨ وأن كمدرو وبيريوتز نالا نفس الجائزة عام ١٩٦٢ لوصفهما لتركيب البروتين المميز للعضلات ·

الاحماض النووية :

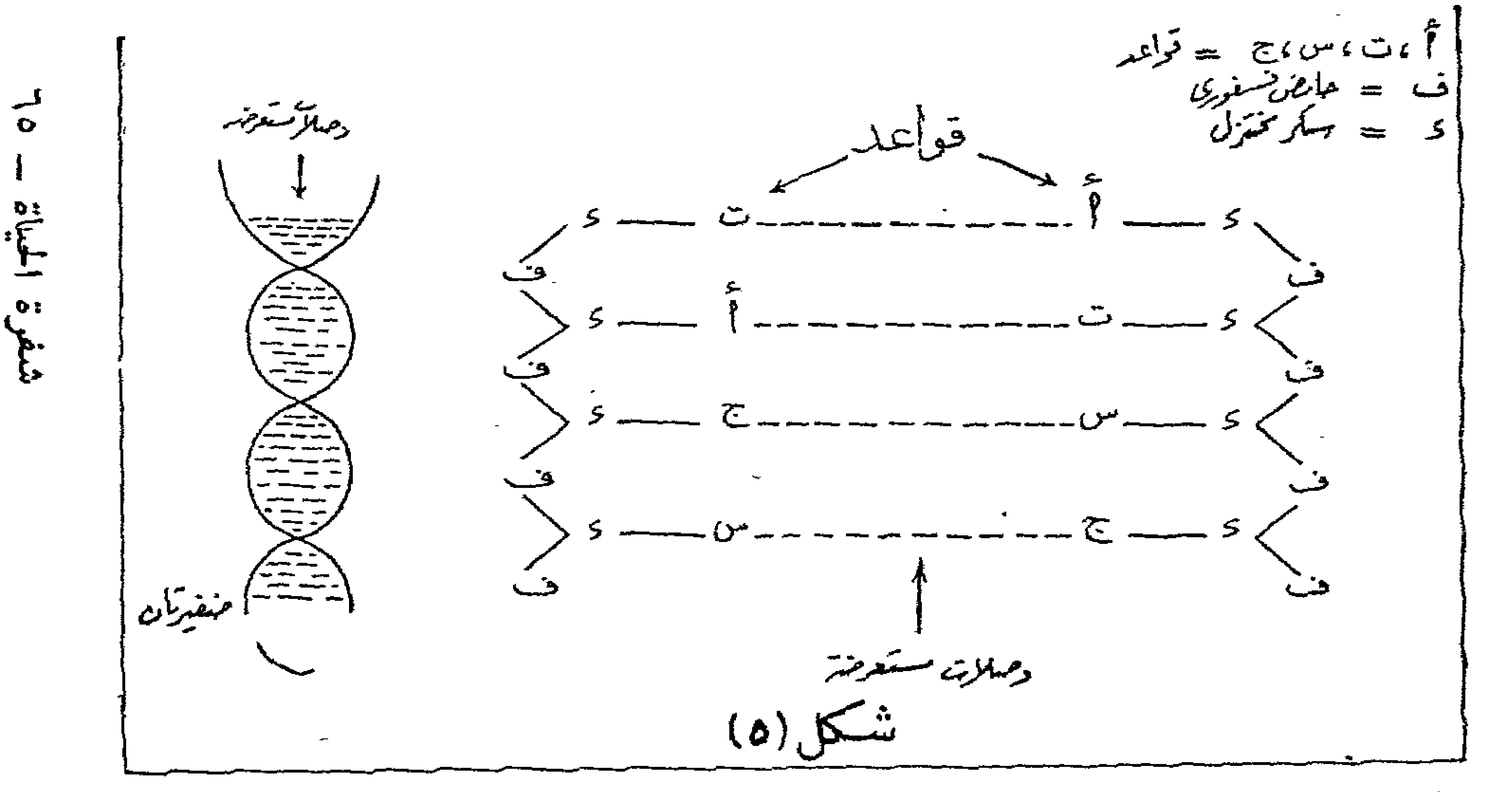
الاحماض النووية جزيئــات عمـــــلاقة تكون ما يشبه الخيوط الرفيعة الطويلة وهى نوعان : النوع الاول يوجد

فى نواة الخلية ويسمى الحامض النووى الريبوزى المختزل وسنرمز له بالرمز ح٠د٠ن للسهولة ٠ أما النوع الثانى فيوجد فى النواة وفى جسم الخلية الهلامى الذى يعرف بالسيتوبلازم واسمه الحامض النووى الريبوزى وسنرمز له بالرمز ح٠ ر٠ ن٠

والحامض ح٠د٠ن٠ تتكون جزيئاته من ضفيرتين ملتفتين حلزونيا الواحدة حول الاخرى وبينهما وصلات أفقية أو مستعرضة على مسافات منتظمة كما هو مبين فى شكل (٥) ونحن مدينون لمعرفتنا بهذا التركيب لكريك وواطسون وويلكنز كما أسلفنا فى الفصل الاول ٠

وكل من الصفيرتين يتكون من تتابع تكرارى من وحدات أساسية كل وحدة منها عبارة عن جزىء مادة سكرية تعرف بالريبوز المختزل ملتحم كيميائيا مع حامض فوسفوريك ويكونان معا السطح الخارجى للضفيرة ، كما تلتحم المادة السكرية كيميائيا من الداخل بواحد من أربعة مركبات قاعدية سنرمز لها بالرموز أ ، ت ، س ، ج ٠

وشكل (٥) يوضح هذا التتابع فى ضفيرتى جزىء ح٠د٠ن٠ كما أنه يوضح طريقة التحام الضفيرتين معا لتكوين جزىء الحامض النووى كما هو موجود بالفعل فى نواة الخلية ونرى فى هذا الشكل أن الالتحام بين القواعد يكون الوصلات المستعرضة الافقية ونلاحظ كذلك ان المركب القاعدى (أ) لا يمكن أن يتحد الا مع (ت» ٠٠ أما



شكل (٥)

تركيب جزء ح.ى.ن من ضفيرتين تربطهما وصلات بين القواعد الأربع ، ويلاحظ أن القاعدة (أ) لا تتحد الا مع القاعدة (ت) فقط وكذلك (س) لا تتحد سوى مع (ج) بحيث من الممكن معرفة تتابع قواعد احدى الضفيرتين اذا ما عينا تتابع القواعد فى الضفيرة الأخرى . أما جسم الضفيرة الخارجى فيتكون من تتابع منظم للمادة السكرية (ى) والحامض الفسفورى (ف) .

المركب (س) فلا يمكن أن يتـــحد سوى مع المركب (ج) فمعرفتنا بتتابع القواعد فى ضفيرة واحدة يكفى لان نتنبأ بالتتابع فى الضفيرة المقابلة ٠

أما عن النوع الثانى من الاحمـــاض النووية ح٠ر٠ن٠ فتركيبه يشابه تركيب ح٠د٠ن٠ الا أن الجزىء يحتوى على الريبوز بدلا من الريبوز المختزل كما أن المركبات القاعدية الأربعة المميزة لحامض ح٠ر٠ن٠ سنرمز لها بالرمز أ ، ى، س ، ج ، أى أن الاختلاف الوحيد هو أن المركب القاعدى (ى) فى ح٠ر٠ن: هو بديل المركب القـــاعدى (ت) فى ح٠د٠ن وله نفس خاصية قابلية الاتحاد بالمركب القاعدى (أ) دون ماعداه ٠

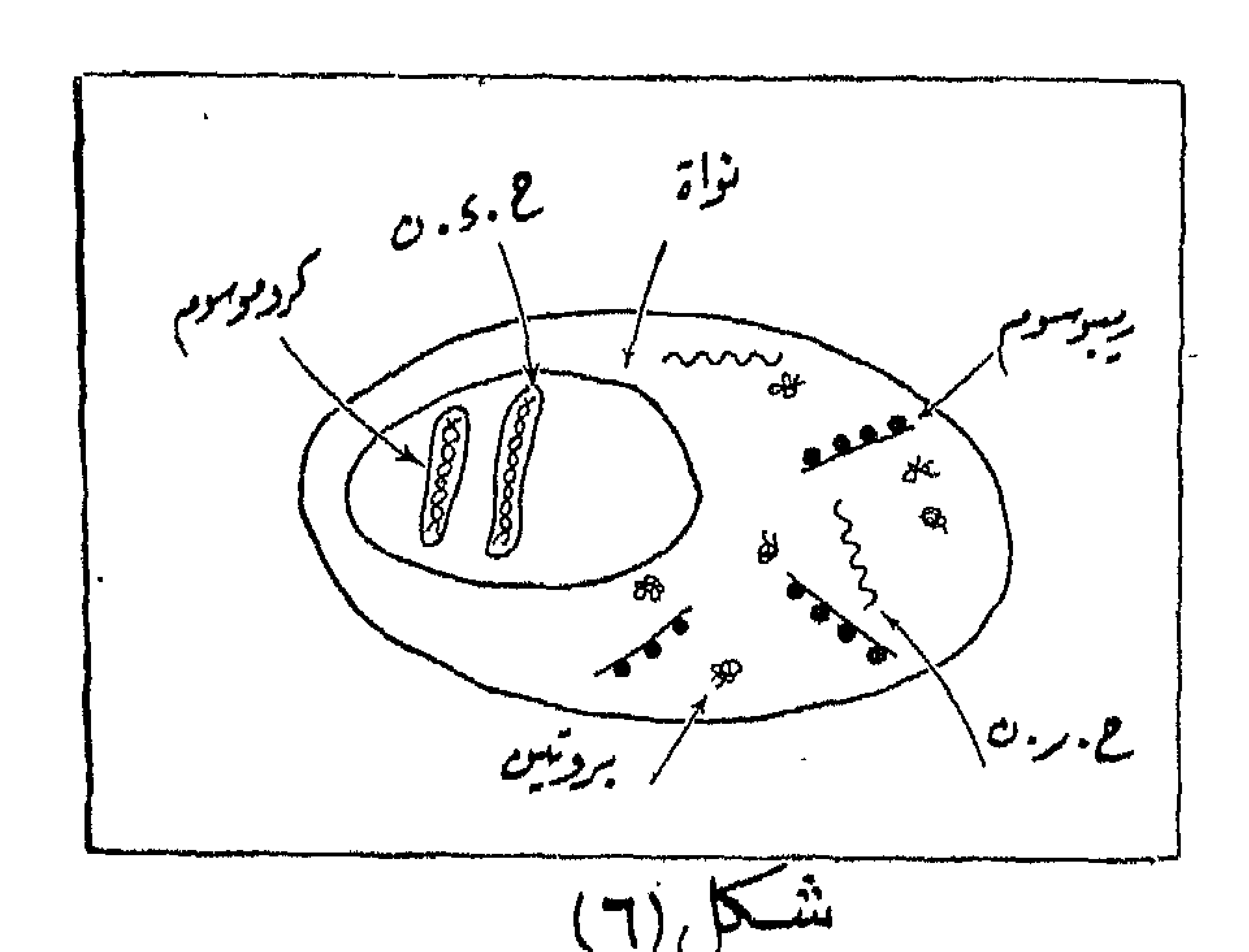
وجزىء الحـــامض النـــووى يتكون فى المتوسط من ٢٠٠٠ زوج من الوحدات المتتابعة الواحدة تلو الاخرى ٠٠ فاذا ما أخذنا فى اعتبارنا أن عدد القواعد أربعة فمن الممكن أن نحصى عدد الجزيئات المختلفة من الحامض النووى الناشئة عن تتابع القواعد على طول ضفيرتى الجزىء علما بأن طول هذا التتابع يبلغ ٢٠٠٠ وحدة فى المتوسط ، ان هذا العدد من الصعب كتابته الا بطريقة رياضية قد تكون غير مألوفة وهى ٤ ٢٠٠٠ (أى أربعة مضروبة فى نفسها الفى مرة) ٠ وكل جزىء منها يتميز بوجود مركب قاعدى يختلف عما عداه فى موضع واحد على الاقل من المواضع الألفين التى توجد فيها القواعد ٠

ان هذا الرقم قد يكون مذهلا ولكنه أيضا يشير الى التنوع الهائل والتغاير الواسع النطاق للصور التى يمكن أن تتخذها الأحماض النووية٠٠ الا يذكرنا هذا بالتغاير الواسع الذى يتميز به الأفراد من صفات ظاهرة وباطنة ؟ هذا التغاير الذى يكون ما أسميناه بالذات البيولوجية ٠ وسيتضح لنا مما يلى أنه فى تغاير الاحماض النووية يكمن سر الشفرة التى تحافظ على ذاتنا البيولوجية ومقوماتها العضوية ٠٠

التنظيم الداخلى للخلية :

دعنا نستعين بشكل (٦) لتوضيح ما بقى لنا من معلومات أساسية لازمة لنا قبل استئناف رحلتنا المثيرة نحو شفرة الحياة ٠

فى هذا الشكل نرى جسما مستديرا داخل الخلية هو ما نسميه بالنواة وما عداها من جسم الخلية يسمى بالسيتوبلازم ، وتحتوى النواة على أجسام دقيقة تعرف بالكروموسومات عددها وترتيبها ثابت بكل كائن حى وتختلف حسب اختلاف نوع الكائن الحى، فهى فى الانسان مثلا تكون ٢٣ زوجا ذات ترتيب وأشكال معروفة ٠ وتحتوى الكروموسومات على المركبات الكيميائية التى تحدد الصفات الوراثية التى لا يحصيها العد مثل طول القامة ، ولون البشرة ، ولون العينين ، والاستعداد للاصابة ببعض



شكل (٦)

رسم توضيحي للخلية ويلاحظ أن نواة الخليــة تحتوى على عدد ثابت من الكروموسومات يميز الكائن الحي ، وتتكون الكروموسومات أساسا من ضفائر حامض ح.د.ن ويحتوى جسم الخلية (أو السيتوبلازم) على عدد ضخم من المركبات منها جزيئات البروتين ومنها جزيئات الاحماض النووية ح.ر.ن ومنها ايضا حبيبات الريبوسوم التى توجد على جانبى مسالك دقيقة اشبه بالسراديب .

الامراض ·· الى غير ذلك من الصفات الظاهرة والباطنة · والكروموسومات تتـــكون أساســـا من ح·د·ن· وكل كروموسوم يحمل عدة مئات من جزيئـــات هذا الحامض النووى ··

واذا ماخرجنا من النواة الى السيتوبلازم فاننا سنقابل جسيمات دقيقة ملتصقة بجدار قنـــوات وسراديب تتخلل جسم السيتوبلازم ، هذه الجسيمات سنطلق عليها اسم الريبوسومات فيما سيلى من حديث · وهى كمـــا سنرى بمثابة الانوال التى سنصنع عليهـا جزيئات البروتين ·· كمـا انـنـــا سنجد جزيئات حامض ح·ر·ن· سابحة فى السيتوبلازم ، جنبا الى جنب مع الفصـــائل العديدة من جزيئات البروتين التى تزخر بها الخلية ··

والآن وقد اكتملت لنا صورة لا بأس بها عن التنظيم الداخلى للخلية فاننا مستعدون لأن نخـــوض غمار مشكلة كيفية صنع الخلية الحية للبروتين · ويلزم لذلك أن نشير اشارة سريعة الى أحد وسائل التكنيك المستخدمة فى هذه البحوث ·

المركبات المشعة فى خدمة البحوث البيولوجية :

نعلم من دروس الفيزياء أن لكل عنصر نظائر تتشابه فى الخصائص الكيميائية وتختلف فى الاوزان ، بعض هذه النظائر قد تكون مشعة أى أن ذراتها تتحلل تلقائيا وينتج

عن هـــذا الانحـــلال انبعاث جسيمات دقيقة منهـــا مثل الالكترونات أو قد ينشأ عن ذلك الانبعاث الاشعاع المعروف باشعاع جاما ... وهذه الاشعاعات يمكن قياسها والكشف عنها بكل دقة .

ويمكننا ترقيم عدد من المركبـــات الكيميائية وذلك باستبدال أحد ذراتها بذرة مشعة نظيرة لهـــا ، مثل هذا المركب ممكن أن يحتفـظ بصفاته الكيميائية والبيولوجية ويعامله الجسم معاملة المركب العادى غير المحتوى على النظير المشع .

وباستخدام أسلوب الترقيم هذا فاننا يمكننا احلال ذرة كربون مشع محل أحد ذرات الكربون الموجودة فىجزىء الحــامض الأمينى ومن المـــكن كذلك استبدال أحد ذرات الفوسفور فى جزىء الحامض النووى بفوسفور مشع ومن ثم يمكننا اقتفاء أثر مسيرة الجزىء المرقم .

كيف تصنع الخلية البروتين :

ان قصة نمو المعرفة لكشف أسرار عملية بناء جزىء البروتين قصة مثيرة وتتضمن الكثير من معالم المنهج العلمى الذى نطمع أن نوضحه .

ان القليل من التأمل فى داخل الخلية الحية سيصدمنا بوجود حشد ضخم من المركبات والجزيئات ، فالخلية التى قطرها أقل من جزء واحد من مائة جزء من المليمتر تحتوى

فى المتوسط على عشرة آلاف صنف مختلف من البروتينات عدا العدد الهائل من الأحماض النووية والجزيئات والجسيمات المتفاوتة الحجم والمتنوعة الخصائص •

ويتضح من ذلك الصعوبة البالغة التى قد يلقاها الباحث وسط هذه المتاهة أثناء محاولته كشف عملية بناء جزىء البروتين • فمن الواضح أن طريقة العمل المسحى الذى يلهث وراء جمع المعلومات الجزئية هى طريقة خليقة بأن تزيد من مصاعب البحث وتبعث اليأس فى نفوسنا • فلا بد اذن من التسلح بمنهج علمى فعال لخوض بحر التفاصيل والجزئيات فى الاتجاه الصحيح •

واستخدام النماذج التجريبية من أهم الاساليب المنهجية التى استخدمت بالفعل فى هذا المجال فضلا عن الاستخدام المنظم لأساليب الاستقراء المنطقى العلمى ، هذا كله يتم فى اطار من التكنيك العلمى المتقدم الذى يميز العمل العلمى الحديث •

ولنبدأ بعرض نموذج تجريبى بسيط استخدمه سيكفكز فى مستشفى ماساشوستس العام فى مدينة بوسطن عام ١٩٥٢ ، فهذا النموذج يعد نقطة البدء فى رحلتنا المثيرة •

قام سيكفكز بطحن الانسجة (مثل الكبد) طحنا دقيقا فى محلول سكرى ثم تخلص من الجسيمات الكبيرة نسبيا المعلقة فى السائل بترسيبها من المحلول باستخدام

قوة الطرد المركزية وذلك بأن يوضع المحـلول فى أنابيب خاصة تدور بسرعة كبيرة •• وبزيادة هذه السرعة الى حد مناسب يمـكن الحصـــول على محلول يخلو من الجسيمات الكبيرة مثل نواة الخلية وعداها فلا يبقى معلقا فى المحلول سوى الريبوسومات الدقيقة • مثل هذا التحضير يمكن أن نضيف اليه مصادر للطاقة ليصبح نموذجا تجريبيا مناسبا تماما لكشف بعض أسرار عملية بناء البروتين •• ونحن الآن على أهبة القيام بأولى تجاربنا باستخدام هذا النموذج •

بعد أن نقوم بتحضير العصير الخلوى بمـا فيه من ريبوسومات عالقة ، سنضيف اليه كميـــات مناسبة من الاحمـاض الامينية التى تكون جزىء البروتين وسنستخدم هذه الجزيئات دليلا لنا وذلك باستبدال أحد ذرات الكربون فى الجزىء بذرة كربون مشع •

وهذا الجزىء المعلم له نفس خصائص الجزىء المحتوى على الكربون العادى ، ولكنه يفيدنا فى اقتفاء أثر الحامض الأمينى أثناء عملية تكوين جزىء البروتين كما أسلفنا •

اننا لو أضفنا الحـــامض الأمينى المشع الى العصير الخلوى فسرعان ما سنلاحظ اختفاء هذا الجزىء كحامض أمينى حر طليـــق ليظهر متـــحدا كأحد مكونات جزىء البروتين •• نموذج تجريبى جميل وفعال معا !••

ما دمنا قد كونا أولى نماذجنا ومادمنا قد قمنا بأولى تجاربنا ، فلنقدم أولى فروضنا العلمية كذلك وليكن فرضنا

كالآتي « .... تتحد الاحماض النووية على سطح الريبوسومات لتكوين جزيئات البروتين التى تطلق سراحها بعد تكوينها لتسبح فى العصير الخلوى » .

نلاحظ أن هذا الفرض يتكون من ثلاث مقولات هى :ـ

١ ـ يتكون جزىء البروتين من اتحاد الاحماض الامينية .

٢ ـ هذا الاتحاد يتم على سطح الريبوسومات .

٣ ـ جزيئات البروتين الطليقة السابحة فى العصير الخلوى تمثل جزيئات البروتين بعد اكتمال تكوينها على سطح الريبوسومات واطلاق سراحها فى العصير الخلوى .

كل مقولة من هذه المقولات الثلاثة يحتمل خطؤها كما يحتمل صوابها وصحة الفرض كله تستلزم صحة مكوناته الثلاثة معا ..

أما عن المقولة الاولى فصحتها تتضمنها نتيجة تجربتنا، فاضافة الاحماض الامينية الى نموذجنا التجريبى قد أدى بالفعل الى تكوين جزيئات بروتين جديدة وتلزمنا الآن تجربة لدحض أو اثبات المقولتين الثانية والثالثة .. ان اضافة بسيطة الى تجربتنا السابقة لكفيلة باختبار صحة المقولتين الثانية والثالثة ..

فدعنا مرة أخرى نضيف الحامض الامينى المشع الى

العصير الخلوى المكون لنمـــوذجنا التجريبى ودعنـا نتتبع التوالى الزمنى لظهور النشاط الاشعاعى فى الريبوسومات وفى العصير الخلوى ·· فان كان ظهور النشاط الاشعاعى فى البروتين الملتصق بالريبوسومات ســـابقا لظهوره فى البروتين الطليق فان ذلك يتفق مع المقولتين الثانية والثالثة معا · وليس من العسير أن نرى ان الفرض فى جملته فرض سليم علميا اذ أن تجاربنا تتضمن نتائجها المحتملة منطقيا ما يدحض هذا الفرض فلو وجدنا مثلا أن الحامض المرقم بالكربون المشـع يظهر كمكون لجزىء البروتين السابح فى الســـائل الخلوى قبـل ظهــوره فى البروتين الملتصق بالريبوسومات فان هذا يتناقض بداهة مع المقولتين الثانية والثالثة ويصبح الفرض كله زائفا لأن صـــحته تعتمد على صحة المقولات الثلاث جميعها كما أسلفنا ·· ان التجربة التى قام بها سيكفكز برهنت بالفعل على صحة هذا الفرض فى مجموعه بحيث أصبح من المسلم به الآن أن الريبوسومات تقـوم بمثـــابة الانوال التى تنسج عليها سلسلة الجزىء البروتينى ··

دور العصير الخلوى فى تكوين البروتين :ـ

ان نموذجنا التجريبى لم يستنفد امكانياته عند هذا الحد فهــو ما زال قادرا على مدنا بالمزيد من المعلومات إذا تمكنا من صياغة أسئلتنا بطريقة فطنة ولعل السؤال التالى القادر على أن ينقلنـــا خطوة أخرى من موقفنا الراهن هو

التساؤل عما اذا كان العصير الخلوى لازما لتكوين البروتين . فقد رأينا أن البروتين يتكون على سطح الريبوسوم ومنه يسبح للعصير الخلوى .. فهل دور الاخير قاصر على انه الوسط الذى يسبح فيه البروتين المتكون أم أن له دورا آخر ؟ ..

هناك احتمالان منطقيان لهذا التساؤل هما الايجاب أو النفى ، أى أن السائل الخلوى اما أنه يلعب دورا خاملا أو دورا فعالا فى عملية تكوين جزىء البروتين ، وفى الحالة الاولى لا يكون وجوده لازما فى نموذجنا ، وأما فى الحالة الثانية فمن الضرورى أن تكون الريبوسومات معلقة فى سائلها الخلوى لاتمام عملية بناء الجزىء البروتينى . وهذا يوحى الينا بالتجربة التالية التى تحسم هذا الموقف وترجح أيا من الاحتمالين .

فمن الممكن ادارة السائل الخلوى بسرعة فائقة الى درجة تؤدى الى ترسيب الريبوسومات وتحصل بذلك على سائل خلوى خال تماما من أى جسيمات عالقة . وبفصل الريبوسومات المترسبة وتعليقها فى محلول مناسب نحصل على ريبوسومات بدون عصير خلوى على الاطلاق . وبعد ذلك نقوم باضافة الحمض الأمينى المعلم المناسب لكل من العصير الخلوى والريبوسومات كل على حدة .

وبتأمل النتائج المحتملة لمثل هذه التجربة وبفحص

دلالة هذه النتائج فاننا نستطيع أن نحسم صحة أى من الاحتمالين ..

ان النتائج المتوقعة تنحصر فى أربعة احتمالات هى:ـ

الاحتمال الاول : يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين العصير الخلوى فقط .

الاحتمال الثاني : يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين الريبوسومات .

الاحتمال الثالث : يظهر النشاط الاشعاعى فى بروتين كل من العصير الخلوى والريبوسومات .

الاحتمال الرابع : لا يظهر أى نشـاط اشعاعى فى بروتين العصير الخلوى أو بروتين الريبوسومات .

ان تحقق الاحتمال الاول مستبعد لأنه يتناقض مع ما سبق أن توصلنا اليه من أن البروتين يتكون على سطح الريبوسومات ، ولذا فنحن لا نعلق عليه أهمية كبيرة سوى أن دحضه التجريبى من شأنه أن يقرر استنتاجنا السابق ويدعمه .

أما الاحتمال الثانى فهو ينفي أن للسائل الخلوى دورا عدا أنه الوسط الذى تسبح فيه البروتينات بعد تكوينها

والاحتمالان الثالث والرابع من شأنهما أن يؤيدا فكرة الدور الايجابى الذى يلعبه السائل الخلوى فىبناء البروتين، الا أنه لو تحقق الاحتمال الثـالث فذلك يعنى أن السائل

الخلوى نفسه قادر على أن يكون البروتين ، أما الاحتمال الرابع فيدل على أن دوره فى بناء البروتين لا يتم الا فى وجود الريبوسومات ٠

هذه هى الاحتمالات الاربع ودلالة كل منها ٠٠ فماهى النتيجة التجريبية التى نحصل عليها لو أننا قمنا بها بالفعل ؟

قد قام زميكنيك وكيلر عام ١٩٥٤ بهذه التجربة وأسفرت عن فشل الريبوسومات والعصير الخلوى كل منهما على حدة فى تكوين البروتين ولكن عند مزجهما مرة أخرى فان عملية البناء تلاحظ فى الريبوسومات ومنها ينتقل البروتين المتكون الى العصير الخلوى ٠٠ وهذه النتيجة تحقيق علمى آخر لنموذجنا التجريبى البسيط ٠

ويتمخض كل ذلك عن سؤال يفرض نفسه بصفة ملحة : ما دور العصير الخلوى فى عملية البناء ؟ ٠

يحتوى العصير الخلوى على عدد هائل من المركبات الذائبة فيه منها الانزيمات (الخمائر) ومنها حمض ح٠ر٠ن٠ وتلعب الخمائر دورا هاما فى عملية البناء ٠ وسنقرر بدون استدلال أن لكل حامض أمينى من العشرين حامضا خميرة خاصة تحوله الى حالة نشطة كخطوة أولية لاستخدامه فى بناء البروتين٠٠ونحن نقرر هذا هنا بدون استدلال منطقى مثل الذى استخدمناه فى مناسبات سابقة لان الخطوات العلمية والتجريبية التى أدت الى هذا الاستنتاج تتضمن

بعض التفاصيل الكيميائية التى نخشى أن تبعث مناقشتها السأم فى النفوس

دور ح٠ر٠ن٠ الذائب فى العصير الخلوى :

أما دور حمض ح٠ر٠ن٠ فمن الممكن أن نستدل عليه باتباع أسلوبنا السابق ولكن يلزمنا لتحقيق هذا الغرض تعديل نموذجنا التجريبى ٠

يتكون نموذجنا حتى الآن من عصير خلوى به جزيئات ذائبة وتسبح فيه ريبوسومات معلقة ٠٠ والتكنيك الذى فى متناولنا يمكننا من فصل الريبوسومات عن العصير الخلوى وسنعدل الآن من هذا النموذج ليناسب هدفنا الجديد وهو دراسة دور ح٠ر٠ن٠ فى بناء البروتين ٠

فلنفصل العصير الخلوى عن الريبوسومات ولنتخلص من الاحماض النووية الذائبة فيه بمعالجته معالجة خاصة مستغلين فى ذلك أحد وسائل التكنيك المتوفرة فى الميدان العلمى ٠٠

اننا اذا أعدنا مزج العصير المعدل بهذه الطريقة مع الريبوسومات فاننا نحصل على نموذج تجريبى يخلو من حمض ح٠ر٠ن٠ والسؤال الآن : هل وجود هذا الحامض ضرورى لعملية بناء البروتين ؟ ٠٠٠٠ من البديهى أن الاجابة على هذا السؤال اما ايجابية أو سلبية ٠٠٠ فلو كان وجود حامض ح٠ر٠ن٠ ضروريا فاننا لو أضفنا حامضا أمينيا

معلما بالكربون المشع ، فان النشاط الاشعاعى لن يظهر ملتحما فى جزىء البروتينذت كما أنه لابد ان يظهر النشاط البنائى مرة آخرى اذا ما أضفنا ح٠ر٠ن٠ بكميه مناسبة٠٠

هذه النتائج حصل عليها بالفعل عــــدد من المجربين فى الفترة بين عامى ١٦٥٧ و ١٩٦١ و كلها تشير الى ان وجود ح٠ر٠ن٠ الذائب فى العصير الخلوى عامل آساسى فى عملية البناء

والآن ماهو دور ح٠ر٠ن٠ فى عملية بناء البروتين ؟٠ سنستعرض أولا بعض الاحتمالات لما عساه أن يكون هذا الدور ٠٠٠ ان معلوماتنا حتى الآن تدل على أن تنشيط الحامض الأمينى بواســـطة الخميرة الخاصة به خطوة أوليــة وتمهيدية فى عملية البناء ٠٠٠٠ فهل من الجائز أن ثمـــه أتحادا يحدث بين جزىء الحامض الأمينى المنشط وبين جزىء ح٠ر٠ن٠ ٠٠٠٠ مثلهذا الاحتمال قائم ويلزمنا الآن القيام بتجربة بسيطة لدحض أو أثبات الاحتمال ٠٠٠ ان التفكير فى تصميم التجربة ليس بالأمر العسير ، ويرجع الفضل فى هذا الى وجود نموذجنا التجريبى تحت أيدينا بعد أن نعدله قليلا ليناسب غرضنا الجديد ٠٠٠٠ فلنحضر عصيرا خلويا خاليا تماما من الريبوسومات ، أن مثل هذا العصير يحتوى على ح٠ر٠ن٠ كما أنه يحتوى على الأحماض الأمينية العشرين ونحن نعلم أنه لايمكن أن يتم بناء البروتين فى مثل هذا المحلول فاذا ما أضفنا اليه حامضا أمينيا معلما بالكربون المشع ثم فصلنا ح٠ر٠ن٠ فاننا ســنجد الحامض الأمينى

المشع ملتصقا وملتحما بالحامض النووى ٠٠٠٠ونستطيع أيضا أن نوسع فى تجربتنا فنعيد مزج العصير الخلوى الى الريبوسومات فنلاحظ عندئذ أن النشاط الاشعاعى ينتقل من الحامض النووى الى الريبوســـومات ومنها الى بروتين العصير الخلوى ٠

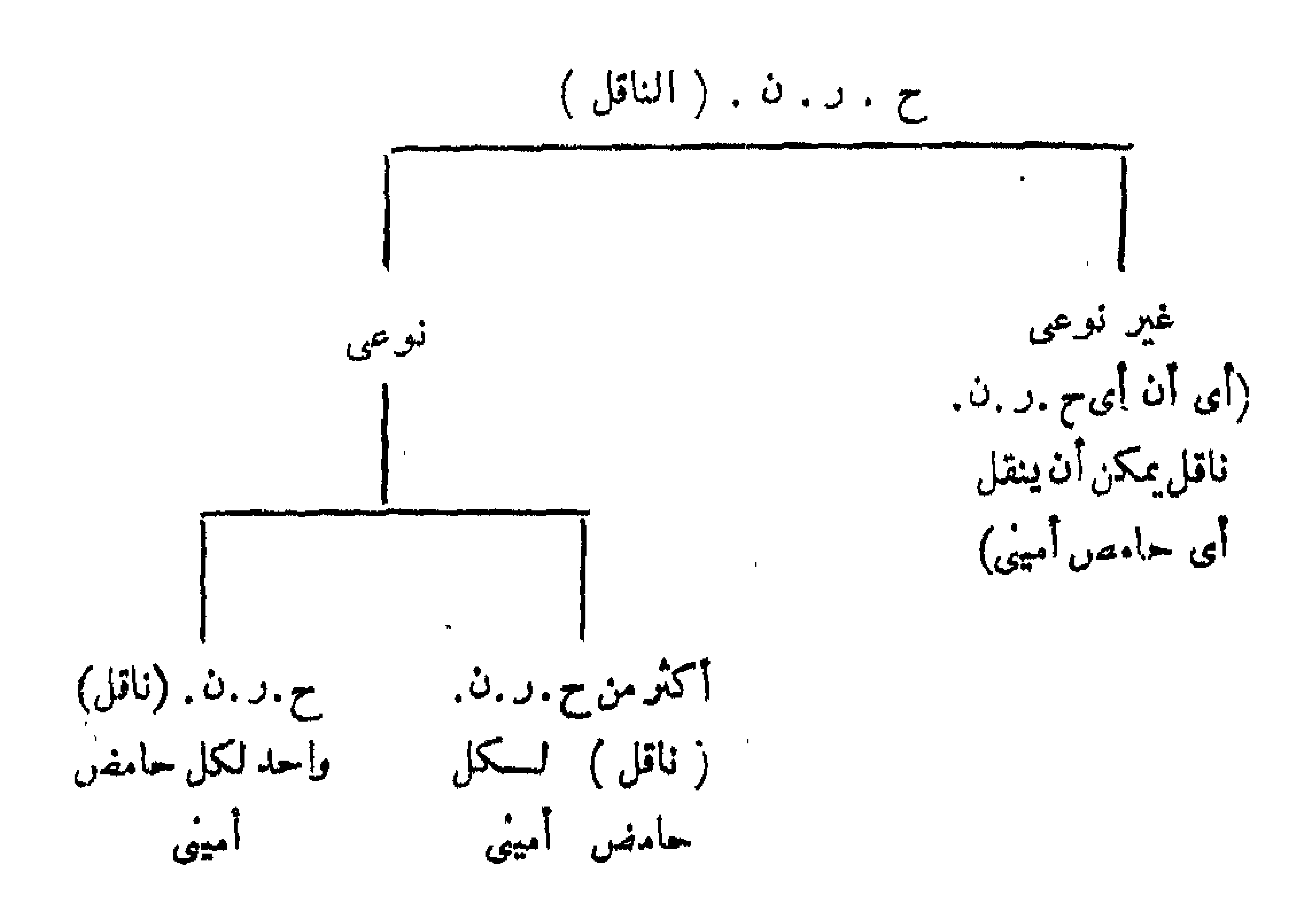
ودعنا الآن نزيد من احكام استنتاجاتنا فنضـــيف الحامض الأمينى المعلم الى نموذجنا التجريبى الأصلى (أى الريبوسومات المعلقة فى العصير الخلوى) فاننا سنلاحظ أن ثمة التحاما سريعا سيتم بين الحامض الأمينى المشـــع وبين ح ٠ ر ٠ ن ٠ الذائب وذلك قبل ظهـــور النشاط الاشعاعى فى الريبوسومات أو فى البروتين الســـابح فى العصير الخلوى ٠

ان هذه المشاهدات تتفق مع افتراضنا بأن ح٠ر٠ن٠ يقوم بحمل الحامض الأمينى المنشـــط وبنقله من العصـــير الخلوى الى سطح الريبوسوم ، حيث يتم التحامه مع غيره من الاحماض الأمينيـــة لتكوين جزىء البروتين ٠ ان هذا الاستنتاج أصبح الآن حقيقةمسلما بها ولذا فان ح٠ر٠ن٠ الذائب فى العصير الخلوى يســتحق أن نطلق عليه اسما يميزه عن غيره من فصـــائل الاحماض النووية وليكن هذا الاسم ح٠ر٠ن٠ (الناقل) فهو يقـــوم مقام العربة التى تحمل الحامض الأمينى الى المـــكان المناسب على ســـطح الريبوسوم ٠

المزيد عن ح٠ر٠ن (الناقل) :

ان وصولنا فى رحلتنا الى هذا الحد يثير المزيد من التساؤل وسنبدأ بمشكلة نوعية ح٠ر٠ن٠(الناقل) ونعنى بذلك احتمال وجود جزىء ح٠ر٠ن٠ (ناقل) متخصص فى نقل حامض أمينى واحد دون ما عداه من الأحماض الأمينية الأخرى ...

دعنا نبنى شجيرة احتمالية لهذه المسألة ودعنا ننظم أفكارنا حولها ومن ثم نصمم التجارب المناسبة التى تتميز بالبساطة والفاعلية ...



سنلاحظ أن شجيرتنا المنطقية تؤدى الى طريق مسدود لو تتبعناها سالكين فرع عدم نوعية ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ، فعدم النوعية يعنى أن أى ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ، ممكن أن ينقل أى حامض أمينى ، أما اذا سلكنا الطريق القائل بنوعية ح٠ر٠ن٠ (ناقل) فهناك احتمالان فاما أن يوجد أكثر من ح٠ر٠ن٠ ناقل واحد تتخصص فى نقل حامض أمينى معين دون ما عداه أو أن تلك القدرة مقصورة على نوع واحد فقط من الأحماض النووية الناقلة ٠

ومن الواضح أن تجربتنا يجب أن تحسم أولا مشكلة نوعية الحامض النووى٠٠٠فهل تسعفنا النماذج التجريبية التى فى متناولنا لحسم هذه المشكلة ؟ ٠٠٠ ليس من العسير بعد الخبرة التى اكتسبناها أثناء ما قطعناه من رحلتنا أن نضع تصميما تجريبيا مناسبا يحسم مشكلة النوعية هذه ٠٠٠ علينا هذه المرة أن نحضر عصيرا خلويا فيه ريبوسومات معلقة ولنحصى بوسائل معملية تحليلية يضعها التكنيك فى خدمتنا ، عدد جزيئات حامضح٠ر٠ن٠ (ناقل) الموجودة فى المحلول ونحن نعلم أن كل جزىء من الحامض النووى الناقل قادر على الاتحاد مع جزىء واحد من حامض أمينى منشط ٠ فدعنا الآن نضيف الى المحلول عددا من جزيئات حامض أمينى معين وليكن ح ١ بحيث يصبح عدد جزيئات الأحماض الأمينية مساويا لعدد جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠ فلنتأمل قليلا فى محلولنا هذا ولنر ما هو حادث فيه على ضوء الاحتمالات المبينة فى

شجيرتنا المنطقية . انه لو كان ح.ر.ن. (ناقل) غير نوعى فذلك يعنى أن كل جزيئات ح١ توجد فى المحلول ملتحمة مع جزيئات ح.ر.ن (ناقل) فضلا عن أنه سوف لا يوجد فى المحلول جزيئات ح.ر.ن. (ناقل) خالية وقادرة على حمل المزيد من الاحماض الأمينية من نوع آخر مثل ح٢ أو ح ٣ . الخ أما اذا كان ح.ر.ن. (ناقل) نوعيـــا فذلك معناه أن جزيئات الحامض النووى الناقل المتخصــص فى الاتحاد مع ح ١ ونقله هى التى ستصبح متشـــبعة دون سواها من باقى أنواع ح.ر.ن. (ناقل) بل وان عددا من جزيئات ح ١ المضافة لن يجد أماكن خالية من ح.ر.ن. (ناقل) ألنوعى فيظل فى حالة طليقة وغير متحد مع حامضه النووى الناقل المتخصص ... بالرغم من هذا فانه مازالت توجد أماكن خاليـــة من الانواع الأخـرى من ح.ر.ن. (ناقل) يمكن أن تتحد مع مزيد من الأحماض الأمينية من نوع آخر مثل ح٢ ، ح٣ ... الخ ...

فنوعية ح.ر.ن. (ناقل) أو عدم نوعيته توجـد ظروفا مختلفة تماما تنشأ من اضافة جزيئات ح ١ . فلنقم بخطوة صغيرة أخرى للتميز بين الحالتين .. ودعنا الآن نضيف جزئيات ح ٢ مثلا معلمة بالكربون المشع ... ونحن نعلم أن اتحاد جزىء الحامض الأمينى المنشـط مع جزىء ح.ر.ن. (ناقل) خطوةأساسية لاستخدام الحامض الأمينى فى بناء البروتين على سطح الريبوسوم ... انه اذا ما ظهر النشاط الاشعاعى بقدر معقول فى بروتين الريبوسوم ومن

ثم فى العصير الخلوى ٠٠ فان ذلك يعنى أن عمليــة نقل ح٢ قد تمت باتحـــاده مع ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠٠٠ وذلك يعزز احتمال نوعية ح٠ر٠ن٠ (ناقل) بالنســبة للحامض الأمينى ح ١ ، أما اذا لم يظهر أى نشاط اشـــعاعى فى البروتين فيمكن استنتاج أن جزيئات ح٠ر٠ن (ناقل) مشغولة كلها بجزيئات ح ١ بحيث لا توجد أية أماكن خالية لحمل جزيئات ح ٢ وذلك يؤيد احتمال عدم نوعية ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠ من الواضح أن تجربتنا هذه قادرة على حسم قضية نوعية ح٠ر٠ن٠ (الناقل) والنتائج التجريبية التى حصل عليهـا الباحثون بالفعل تؤكد هذه النوعية ، فالحامض النووى الذى يحمل حامضا أمينيا معينا غير قادر على حمل أى حامض أمينى آخر ٠ فالتخصص هنا واضح المعالم وصارم كل الصرامة ٠٠٠ ولنعد الآن الى شجرتنا بعد أن تلمسنا طريقنـا فى أولى تفرعاتهـا ، ولنحاول أن نحسم مســألة احتمال وجود أكثر من ح٠ر٠ن٠ (ناقل) واحد قادر على حمل أى من الأحماض الأمينية ٠

ان نموذجنا التجريبى قادر على حسم هذه المســـألة أيضا ولكن علينا أن نستعين بتكنيك متقدم وهذا لا يعوزنا فى النصف الثانى من القرن العشرين والمهم أن نســتخدم هذا التكنيك بحكمة وفى اطار النسيج المنطقى لبحثنا ٠٠٠

فلنشبع كل جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) المتخصصة فى نقل ح ١ مثلا والموجودة فى نموذجنا التجريبى باضافة فائض من جزيئات ح ١ ، ولنتخلص بطرق معملية معروفة

من كل جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) الموجودة فى المحلول في صورة طليقة اى غير متحدة مع أى من الأحماض الأمينية فسيبقى لنا في المحلول جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) المتخصصة فى نقل ح ١ فان في الامكان بعد ذلك اختبار هذه الجزيئات بطرق كيمائية وتحليلية معلومة للعاملين فى هذا الحقل ٠

ونستطيع أن نكرر نفس التجربة باستخدام ح ٢ ، ح ٣ ٠٠٠ الى ح ٢٠ ٠

وقد انتهت سلسلة هذه التجارب بانتهاء عام ١٩٦٢ وهى تشير فى جملتها الى احتمال وجود أكثر من ح٠ر٠ن٠ (ناقل) واحد متخصص فى نقل أى من الاحماض الأمينية ٠٠٠ وهذا العدد يتراوح بين واحد وأربعة أحماض نووية ناقلة لكل حامض أمينى واحد ٠٠٠ وهى بهذا تكون مجموعات كل مجموعة لها صفة النوعية ، وبهذه تتضح لنا المعالم التى يسلكها الواقع البيولوجى بالنسبة للاحتمالات الموضحة فى شجيرتنا المنطقية ٠٠ كل هذا يتم من خلال استعمال نموذجنا التجريبى البسيط ٠ وهذا يمثل انتصارا رائعا جديدا لهذا النموذج ٠

من الذى يقود : الراكب أم المركبة ؟

دعنا نستعيد ما توصلنا اليه حتى الآن قبل استئناف رحلتنا ٠٠٠ فقد رأينا أن خطوات بناء البروتين تبدأ بتنشيط الأحماض الأمينية بوساطة خمائر خاصة نوعية

أى أن لكل حامض أمينى خميرة خاصة به تنشطه ثم يحمل الحامض الأمينى حملا الى داخل الريبوســـومات بوساطة جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠ ورأينا أن لكل حامض أمينى عددا محدودا لا يزيد عن أربعة من الأحماض النووية قادرة على حمله وأن ذلك يتم بالتحام جزىء ح٠ر٠ن (ناقل) واحد بجزىء حامض أمينى منشط كمــا رأينا أن المجموعة المعينة من الأحماض النووية الناقلة القادرة على نقل حامض أمينى معين تختص بنقل هذا الحامض دون ما عداه ٠

خطوتنا التالية هى تتبع الحامض النووى المتحد مع الحامض الأمينى فى رحلتــه من العصـــــير الخلوى الى الريبوسومات وبالعكس ٠٠٠ ان الأدلة التجريبية الراهنة تدل على أن دور الحامض النووى الناقل هو بمثابة عربــة النقل التى تحمل الحامض الأمينى الى داخل الريبوسومات حيث يوضع فى كل مكان خاص جنبا الى جنب مع غيره من الأحماض الأمينية لتكوين ســـــلسلة جزىء البروتين ثم تستأنف عربة النقل رحــلة العودة الى العصــــير الخلوى لتحمل جزيئا جديدا من حامض أمينى منشــط من نفس النوع الذى تختص بحمله ٠٠٠ وان الأسلوب التجريبى الذى استعمل لتتبع هذه الرحلة يتســم بالجمال والبراعة ولذا فاننا سنعطى هنا لمحة قصيرة عنه ٠

سبق أن رأينا كيف أنه من الممكن أن نرقم أيا من الأحماض الأمينية العشرين بوساطة ذرة كربون مشع ، كما أنه من الممكن كذلك ترقيم جزىء الأحمــاض النووية

بوساطة ذرة فسفور مشع ، ونحن نمتلك من وسائل التكنيك ما يمكننا من التمييز بين الاشعاع المنبعث منهما ٠٠ فاذا ما رقمنا حامضا أمينيا معينا وليكن ح ١ بوساطة كربون مشع ورقمنا عربته الحاملة لهمن جزيء ح٠ ر٠ ن٠ بوساطة الفسفور المشع وأضفنا ذلك الى نموذجنا التجريبي المكون من العصير الخلوى والريبوسومات المعلقة فسرعان ما سنشاهد التحام ح٠ر٠ن٠ (ناقل) مع ح ١ فيتجمع النشاط الاشعاعي للكربون والفسفور في جزيء مركب كبير ثم ينتقل هذا النشاط الملتحم الى الريبوسومات ومن ثم يبقى جزيء الحامض الأميني متصلا بالريبوسومات على حين يغادرها الحامض النووى كاملا الى السائل الخلوى وعند اكتمال بناء جزيء البروتين على سطح الريبوسوم يظهر النشاط الاشعاعي في هذا الجزيء في المكان الذى يشغله الحامض الأميني المرقم ٠٠ وسرعان ما يغادر جزيء البروتين سطح الريبوسوم ليعود الى العصير الخلوى ٠٠ تجربة رائعة وتتسم بتخطيط منطقي واضح قام بها هوجلاند وكوملر عام ١٩٦٠ وحسما بها أحد جوانب دور ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠

سبق أن ذكرنا أن كل فصيلة من فصائل جزيئات البروتين تتميز بتتابع صارم في منتهى الدقة والاحكام لأحماضه الأمينية وذلك يستلزم أن يتجه الحامض الأميني المحمول الى موضعه المحدد له بكل دقة على طول سلسلة الجزيء البروتيني أثناء تكوينه ٠٠ فمن الذى يقود العربة

فى رحلتها من العصير الخلوى الى محطة الوصول على سطح الريبوسوم ؟ هل قائد الرحلة والمرشد للطريق هو الحامض الأمينى الراكب أم الحامض النووى الناقل ؟ قد تنبأ كريك بالاجابة على هذا السؤال عام ١٩٥٨ ، فقد رجح كريك لاعتبارات نظرية سنتعرض لبعض معالمها بعد قليل أن الذى يحدد محطة الوصول على سطح الريبوسوم ليس الحامض الأمينى بل العربة التى تحمله من حامض نووى ناقل ، وقد تحققت النبوءة تجريبيا بعد أربعة أعوام ففى ١٩٦٢ أوضح تشابفيل تجريبيا أن لكل صنف من ح٠ر٠ن٠ (ناقل) محطة وصول ثابتة على سطح الريبوسوم الواحد بصرف النظر عن الراكب الذى يحمله ٠٠ والطريقة الى اتبعها تشابفيل تتسم بالرشاقة والبساطة مثل معظم التجارب التى تجرى فى هذا الميدان ولذلك فسنقف عندها قليلا ٠

فلندع حامضا أمينيا معينا (وليكن ح ١) يركب عربته الخاصة به ولنرمز للعربة وراكبها بالرمز (ح ١ + ح ٠ ر ٠ ن (١)) ٠٠٠ ثم دعنا بعد ذلك نحول ح ١ بطرق كيميائية الى حامض أمينى مختلف وليكن ح ٥ ، ولكنه أيضا واحد من العشرين حامضا أمينيا المعروفة ، ويمكننا أن نرمز للوضع الجديد لعربتنا براكبها بالرمز (ح ٥ + ح ٠ ر ٠ ن (١)) ٠٠٠ أى أننا قمنا بخدعة بارعة بايجاد ح ٥ على عربة غير عربته ، فالى أين تتجه مثل هذه العربة براكبها ؟ ٠٠٠ ان تجربة تشابفيل بينت

أن مثل هذه العربة تتجه للمكان المخصص للحامض الأميني ح ١ بالرغم من أن الراكب هو ح ٥ ٠٠٠ وذلك يحقق فرض كريك بأن الحامض النووى الناقل هو الذى يقود القافلة وهو الذى يعرف طريقة فى مسالك الريبوسومات ولكن السؤال الآن هو كيف يتعرف على المكان المحدد له على طول سلسلة جزىء البروتين أثناء بنائه على سطح الريبوسوم ؟

الفصل الرابع

الأساس الجزيئي للذات البيولوجية

٢ - شفرة بناء جزيء البروتين

ان الكشف عن شفرة بناء جزيء البروتين يعد مثلا واضحا للمحاولات العلمية الناجحة للكشف عما أسميناه فى الفصل الاول بالعوامل الحاسمة التى توجد فى الطبيعة مختلطة بحشد هائل من العوامل عديمة أو قليلة التأثير والفاعلية والتى ينهك السعى وراءها قوى العمل العلمى ويضعف من فاعليته . والبحث المنظم عن هذه العوامل الحاسمة يعد أحد معالم المنهج العلمى الفعال وخاصة فى ميدان العلوم البيولوجية .

قد أنهينا الفصل السابق بأن طرحنا مشكلة اهتداء وتعرف ح.ر.ن (ناقل) الى المكان المحدد لراكبه الحامض الأمينى ، فوق سطح الريبوسوم . والكشف عن وسيلة التعرف هذه سيوضح لنا أسلوب العمل العلمى المنظم

للكشف عن هذه العوامل فضلا عن أن قصة هذا الكشف تتميز بالاستخدام الصريح لقواعد الاستقراء المنطقى

فى أعماق الريبوسوم :

اننا ندخر مفاجأة للقارىء لم نذكرها من قبل ، ذلك أن جسم الريبوسومات نفسه يتكون من صنوف من الجزيئات العملاقة من أهمها فصا ل من الاحماض النوويه سنسميها ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) لتمييزها عن ح٠ر٠ن٠ (ناقل) وهده الاحماض تكون ٤٠٪ من جسم الريبوسوم (كما أن ٥٠٪ أخرى من جسم الريبوسوم تتكون منجزيئات بروتينية والباقى من مواد مختلفة) ٠

ان لجزيئات ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) مزايا رئيسية ٠٠ أولها طولها الهائل فهى أطول بكثير من جزيئات ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠٠ وثانى هذه المزايا هو أنها تتبع نفس النمط العام لتركيب الاحماض النووية الممثل فى شكل(٥) ، الا أن التتابع التكرارى للوحدة يتكرر فى تكوينها مئات أو آلاف المرات وكل الوحدات متماثلة تماما فى المادة السكرية والحامض الفوسفورى المكونين للسطح الخارجى للجزىء ، ولكن كل وحدة تحتوىعلى واحد من المركبات الاربع القاعدية أ ، ى ، س ، ج ، كما أن لجزىء الحامض النووى القدرة على الالتحام بجزىء نووى آخر اذا ما كان تتابع القواعد على طول الجزىء مكملا لقواعد الجزىء الاول ٠٠فكما سبق أن ذكرنا فان القاعدة (أ) لا تتحد سوى مع القاعدة (ى)

والقاعدة (ج) لا تتحد الا مع القاعدة (س) ، فلو كان هناك جزىء ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) تتتابع فيه القواعد حسب الترتيب أ ـ ى ـ س ـ ج ـ ى ـ أ ٠٠٠ الخ فان مثل هذا الجزىء ممكن أن ينضم الى جزىء آخر اذا ما كان تتابعه ى ـ أ ـ ج ـ س ـ أ ـ ى ٠٠ الخ ويعرف مثل هذا الاتحاد بالازدواج التكميلى ٠٠ كما هو موضح بشكل (٥) ٠

ان وجود ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) بهذه الصفات على سطح الريبوسومات ليوحى الينا بالاسباب التى دعت كريك فى عام ١٩٥٨ الى الافتراض بأن الاحماض الامينية تهتدى الى مكانها بفضل الحامض النووى الناقل لها ٠٠ فقد كان من العسير على كريك أن يتصور وجود طريقة يتعرف بها جزىء الحامض الأمينى على مكانه مباشرة ولكنه من السهل تصور بل وافتراض أن الجزىء ح٠ر٠ن٠ (الناقل) لديه من تتابع القواعد ما يفرض عليه مكانا بالذات على سطح جزىء ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) وذلك هو المكان الذى تتتابع فيه قواعد مكملة لقواعد الحامض النووى الناقل ٠٠

هذا الافتراض له اذن ما يبرره من حقـــائق تحت أيدينا ٠٠ ولكن لا يزال فى طور الفرض العلمى الى أن نحققه بالتجارب ٠٠ وهذه هى خطوتنا التالية ٠٠

دعنا نوضح أولا معالم الفرض العلمى ومكوناته قبل الدخول فى مشكلة الاثبات التجريبى ٠٠ فرضنا يقرر لنا التالى :ـ

١ ـ لكل حامض أمينى عربة أو أكثر (بحد أقصى أربع عربات) من ح٠ر٠ن٠ (ناقل) تختص بنقله ٠٠ هذا القسم من الفرض قد سبق لنا اثباته تجريبيا ٠٠

٢ ـ تتابع القواعد فى جزىء كل ح٠ر٠ن٠ (ناقل) له نظام ثابت ، يختلف باختلاف الحامض الأمينى المنقول ٠٠

٣ ـ يوجد لكل بروتين معين جزىء ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) يقوم مقام خط الانتاج تصطف عليه القواعد أ ، ى ، ج ، فى نظام ثابت ، بحيث يمكن اعتباره أقساما أو وحدات متلاحقة كل وحدة سنسميها بالشفرة وهى فى الواقع قسم من الخط ذو طول معين يساوى طول جزىء ح٠ر٠ن٠ (ناقل) معين وتتابع القواعد عليه حسب نمط٠ مكمل لقواعد هذا الجزىء الناقل أى أنه كلما وجد (أ) على أيهما ، فان ذلك يقابله (ى) على الجزىء الآخر ٠٠ وكذلك بالنسبة للقاعدتين (س) ، (ج) ٠

٤ ـ يتعرف ح٠ر٠ن٠ (الناقل) على مكانه فوق سطح ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) بهذه الطريقة وبما أن لكل جزىء بروتين خطا انتاجيا خاصا من ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) يحمل الشفرة المميزة لتتابع أحماضه الأمينية فان ذلك يضمن أن جزيئات البروتين الواحد تتماثل تماثلا تاما فى تتابع أحماضها الامينية التى يتم الالتحام بينها أثناء وجودها على سطح الريبوسوم ثم ينفصل الجزىء البروتينى بعد اكتمال تكوينه لينطلق سابحا فى العصير الخلوى ٠

هذه هى الفروض فى هيكلها وبنائها العام . فلنر كيف يمكننا اثبات هذه الفروض تجريبيا .

ان الانتصار الذى قد يحرزه فرع من فروع العلم قد يكون له بالغ الأثر على تقدم فرع آخر وهذا ماحدث بالفعل فى ميدان البيولوجيا الجزيئية عند مواجهتها لتحدى حل مشكلة شفرة بناء البروتين فقد تمكن الكيميائيون من انتاج مركبات صناعية تعرف باللدائن أو البوليمرات تتميز بأن جزيئاتها بالغة الطول وتتكون من وحدات أساسية صغيرة تتكرر بصورة أو أخرى على طول الجزىء ، ولعل المركبات المعروفة باسم البلاستيك والمنظفات من الامثلة المعروفة لهذه المركبات .. ان الكيميائيين لم يتعرفوا على هذه المركبات فحسب بل وأدخلوا أيضا التكنيك العام الممكن استخدامه بشىء من التعديل هنا وهناك لتحضير مركبات طويلة الجزيئات تتتابع فيها الوحدات الصغيرة .. هذا التكنيك ممكن استخدامه فى تحضير أحماض نووية لها الطول الذى يناسبنا وذات تتابع قاعدى يمكننا التحكم فيه تماما .

ونحن نذكر هذا لنلفت نظر العاملين فى حقول البحث الى ضرورة تتبع الكشوف العلمية التى تتم فى الجبهة العلمية كلها فلعل فى أحد هذه الكشوف ما يدفع عجلة تقدم بحوثهم .

قد تم أول استخدام تجريبى للأحماض النووية الصناعية عام ١٩٦١ فى تجربة لعلها من أرشق الأعمال

التجريبية التى تمت فى هذا الحقل • قام بهذه التــجربة نيرنبرج وماتهاى واستخدما نموذجنا التجريبى بعد تعديله •

فلنحضر العصير الخلوى بما فيه من ريبوســـومات معلقة ولنتخلص من الحشد الهـائل من الاحماض النووية • الموجودة في المحلول وذلك بتحطيمها بوسائل خاصة •• ولنتأكد من أن محلولنا يحتوى على كميـــات مناسبة من الاحماض الامينية العشرين المعلمة بالكربون المشع •• اننا نعلم أنه لا يمكن أن تتم عملية بناء البروتين فى مثل هذا المحلول لانعــدام وجود ح•ر•ن• (ناقل) فيه •• اننا نستطيع الآن أن نضيف ح•ر•ن• صناعى معلوم التركيب والصفات تماما ومن نوع واحد فقط ••

دعنا نتأمل فيما حققه هذا التصميم التجريبى •• انـــا قد تخلصنا من عدد هائل من المتغيرات هى صنوف الاحماض النووية وعددها كما أسلفنا يصل الى أرقام مخيفة •• فعدد الاحماض النووية المختلفة التى تحتوى على ١٠٠ وحدة متتابعة مثلا يصل الى ٤أس١٠٠ (أى ٤ × ٤ × ٤ × ٤ • وهكذا مائة مرة) •• وهو رقم يكاد يكون خيـــاليا فى ضخامته • ولكن نموذجنا التجريبى يتخلص من هذا الحشد الكبير ، فمن الممــكن فى المرة الواحدة أن نضيف حامضا واحدا فقط •

قـــد بدأ نيرنبرج وزميله باضافة ح•ر•ن• صناعى لا يوجد فى سلسلة قواعده المتتابعة سوى مركب قاعدى

واحد (ى) ، أى أن التوالى القاعدى فيه هو (ى ــ ى ــ ى ٠٠٠ وهكذا) ثم تتبع اســـتخدام الاحماض الامينيــة العشرين المعلمة فى تكوين البروتين وكان ثمار هذه التجربة الرائعة نتيجة بالغة الاهمية ٠٠ كانت بمثابة مفتاح الموقف كله ٠٠ اذ انه لم يتمكن ســوى حامض أمينى واحد من العشرين حامضا أمينيا ، من الدخول الى سطح الريبوسوم وكان البروتين المتكون عبارة عن تتابع لهذا الحامض الامينى الواحد فقط ولنرمز له بالرمز ح٥ ٠ أى أن التتابع الامينى لهذا البروتين الجديد هو ح٥ ، ح٥ ، ح٥ ، وهكذا الى آخر سلسلة جزىء البروتين ٠٠ وهذا يعنى أن ح٠ر٠ن٠ (ناقل) الذى يحمل ح٥ يتميز بتتابع قاعدى ى ــ ى ــ وهكذا ٠٠ وان هذا الحامض النـــاقل يتـحد مع قسم من ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) المكون للشفرة الهـــادية لمحطة وصول ح٥ بمركبتها الحـــاملة ، هذا القسم لا بد أن يكون تتـابعه القاعدى أ ــ أ ــ أ ــ أـ ٠٠٠ الخ ٠

هذه التجربة اذن تحـل الموقف بالنسبة للحـامض الأمينى ح٥ ٠٠ وهى تعزز فكرة نوعية ح٠ر٠ن٠ (ناقل) التى سبق أن عززناها بتجربة مختلفة ٠٠ ولكن هل نقدر على اكتشاف الشفرات المماثلة للأحماض الأمينية العشرين بتجارب مماثلة ؟

من الواضح أن شيئا ما ينقصنا قبل أن نتمكن من الاســـتفادة الكاملة من الامكانية التى يهيئها لنا نموذجنا التجريبى الجديد ٠ فمن المستحيل بل ويكاد أن يكون من

العبث أن نستعمل الاسلوب المسحي فى هذا المجال فنجرب فى كل مرة اضافة نوع واحد فقط من الاحماض النووية الصـــناعية الى محلولنا ونلاحـــظ أى حامض أمينى من الأحماض العشرين هو الذى يستخدم فى تكوين البروتين ، فعدد هذه الأحماض النووية عدد هائل ومخيف كما أسلفنا ويحتاج الأمر أن يفنى عدد من الباحثين أعمارهم فى العمل الشاق اللازم لاتمام هذا العدد الهائل من التجارب ..

الامر يحتاج اذن الى اعمال الفكر وللتخطيط المنطقى وتصميم للفروض بغرض الاقلال من هذا العدد الهائل بشكل جذرى .

هـــذه الخطوة قام بهـــا كريك وزملاؤه فى جامعة كمبريدج قبل تجربة نيرنبرج وزميله وفى الواقع فان السر فى اختيارهما للحامض النــووى الصناعى المتعدد القاعدة (ى) يرجع الى اهتدائهما بفروض كريك ..

شفرة كريك الثلاثية :

ان مهمتنا تنـــحصر فى التعرف على صنوف محدودة العدد وسط الحشد الهائل من أنواع الاحمـــاض النووية الذائبة فى العصير الخلوى والتعرف على الحــامض الامينى الذى يتخصص كل فى حمله الى محطة الوصول فى جزىء ح.ر.ن. (ريبوسومى) .. دعنا أولا نخمن ماعساه أن يكون العدد المطلوب .

فرانسيس كريك

ولد في مدينة نور ثهامبتون بانجلترا عام ١٩١٦ وحصـــل على بكالوريوس الفزياء من جامعـــة لندن عام ١٩٣٧ ولم تتح له ظروف الحرب العالمية الثانية الاستمرار في الدراسات العليا في الفزياء وقد تحول وجهة جديدة بعد انتهاء الحرب بانضمامه الى معمل البيولوجيـا الجزيئية في كمبردج ، ولم تكن لكريك في ذلك الوقت اية دراية بالعلوم البيولوجية او الكيمياء العضوية وفي خلال سنوات قليلة توصـــل الى أهم كشف بيولوجي في حقل البيولوجيا الجزيئية وهو تركيب جزئ ح د . ن . بمشاركة صديقه واطسون . وقد كان لقاؤهمـا عام ١٩٥١ بدء صداقة مثمرة وغنية في حياة العالمين ... وقد توالت بحوث كريك في ميدان تركيب الفيروس وشـــفرة بناء البروتين وكشف الأسس الجزيئية للطفرات الوراثية ، وقد قـام بجولات واســـعة في الولايات المتحدة محاضرا وزائرا وحاز ســـتة جوائز علمية كبرى .

معلوماتنا حتى الآن تمكننا من أن نقدر هـذا العدد بالتقريب فلدينا عشرون حامضـا أمينيا ٠٠ وكل حامض أميني ممـكن أن يحمله عدد محدود من صنوف ح٠ر٠ن٠ (ناقل) ٠ هـذا العـدد يتراوح بين واحد بالنسبة لبعض الاحماض النووية وأربعة بالنسبة لبعضها الآخر ٠٠ أى أن صنوف الاحماض النووية النـاقلة اللازمة يتراوح عددها ما بين العشرين والثمانين صنفا فقط ٠٠ هذا العدد يكون جزءا متناهيا فى الضآلة من عدد أنواع الاحماض النووية الموجودة فى العصير الخلوى ٠٠ وقد سبق أن بينا أنه لو كان طول جزىء ح٠ر٠ن٠ ١٠٠ وحدة متتابعة فاننا نستطيع بالتباديل والتوافيق بين الاربعة قواعد أ ، ى ، س ، ج ، أن نكون ٤ أس ١٠٠ صنفا مختلفا من هذه الاحماض ٠٠

هذا الحشد الهائل ليس من شأنه اذن أن يخيفنا الى هذا الحد وكل ما علينـا أن نصوغ الفروض بفطنة لنضع أصبعنا على العدد المطلوب من الاحماض الناقلة ٠٠ هذا مثل هام للبحث المنـظم عن العوامل الحاسمة من بين الحشد الهائل من المتغيرات ٠

ان العدد ٤ أس ١٠٠ يمثل كل الانماط التى يحتمل أن يكون عليها اصطفاف القواعد الاربع على امتداد المائة مكان الذى يمكن أن توجد فيه على طول جزىء ح٠ر٠ن٠ ٠٠ دعنا نأخذ فى الاعتبار أنواعا محددة فقط من هذه الانماط من صنوف ح٠ر٠ن٠

أحد الأنماط المحتملة هو أن تتكرر القواعد بطريقة منتظمة ، ولكن ما زال هناك عدد ضخم جدا من مثل هذه الجزيئات •• فالامر يستلزم اذن ارساء قيود أخرى غير انتظام التكرار •• ولنحصر تفكيرنا فى أربعة أنواع من أنماط التكرار وهى :ـ

١ ـ تكرار احادى :

وذلك بأن تتكرر نفس القاعدة على طول الجزىء مثل (أ ـ أ ـ أ ـ •• وهكذا) أو (ج ـ ج ـ ج •• وهكذا) أو (ى ـ ى ـ ى •• وهكذا) أو (س ـ س ـ س •• وهكذا) •

ومن الواضح أنه لا توجد سوى هذه الصنوف الاربع التى تتبع هذا النمط التكرارى ، الذى لا يعطينا اذن عددا كافيا من مفردات الشفرة اللازمة •

٢ ـ تكرار ثنائى :

أى أن القواعد تتوالى حسب نمط تكرارى وحدته قاعدتان مثل أج ـ أج •• الخ • وهكذا أو مثل ىأ ـ ىأ ••• وهكذا •

ونلاحظ أن التكرار الاحادى ممكن كتابته على شكل تكرار ثنائى هكذا أأ ـ أأ •• وهكذا أو ىى ـ ىى ••• وهكذا •

ومن المعلوم حسابيا أننا نستطيع أن نكون ١٦ زوجا مختلفا بالاختيار من بين أربع قواعد مختلفة لو اعتبرنا أن أج مثلا تختلف عن جأ ..

والعدد ١٦ يقربنا من العدد المطلوب ولكنه يقل عنه ، فلا بد من وجود عشرين نمطا على الاقل ..

٣ - تكرار ثلاثى :

وهو يكون تتابعا تكراريا من وحدات يتكون كل منها من ثلاث قواعد مثل :

أجى - أجى - أجى ... وهكذا

أو مثل ججس - ججس - ججس .. وهكذا .

ان عدد الأنماط المختلفة ذات الشفرة الثلاثية التى يمكن تكوينها باستخدام قواعدنا الأربعة هو ٦٤ وهو عدد مناسب تماما فهو يقع بين ٢٠ ، ٨٠ ونلاحظ أن الشفرة الأحادية يمكن كتابتها على شكل ثلاثى مثل أ أ أ - أ أ أ ... وهكذا .

٤ - تكرار رباعى :

وهو تكرار وحدات كل منها يتكون من أربع قواعد

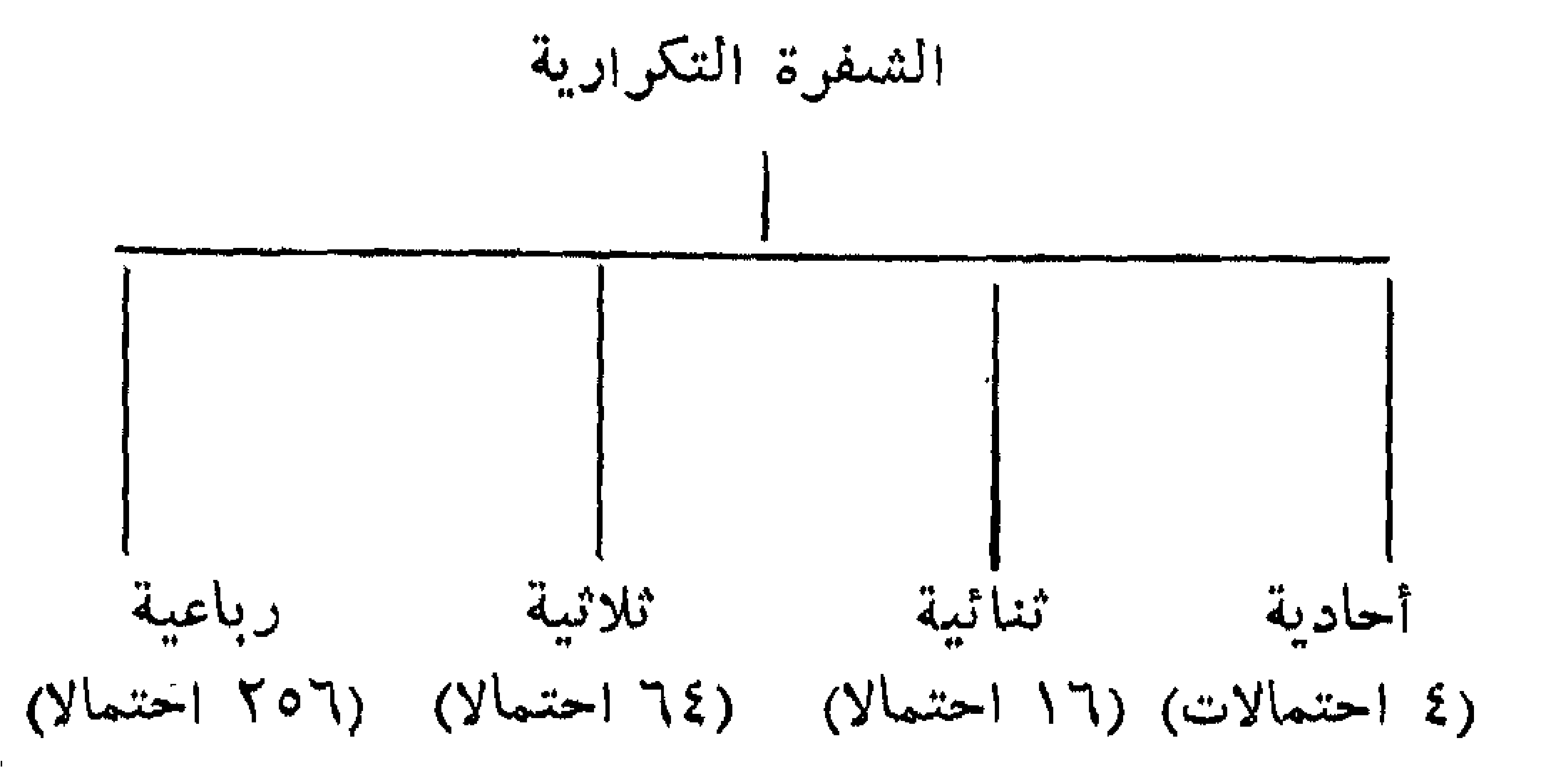
مثل أجىس - أ جىس - أجىس

مثل أ جىس - أ جىس - أ جىس وهكذا .

وعدد الأنماط المختلفة التى يمكن أن نكونها بهذه الطريقة يبلغ ٢٥٦ نمطا ومن الواضح أن هذا العدد يفوق بكثير العدد الذى نسعى اليه ٠

ومن الجائز أن نستمر هكذا فى زيادة عدد القواعد فى كل وحدة تكرارية فيمكننا التفكير فى شفرة خماسية وسداسية ٠٠٠ الخ ٠٠٠ ولكن عدد الأنماط سيتزايد بسرعة كبيرة ويرجعنا بسرعة الى موقفنا الأصلى الزاخر بالأنماط ٠٠٠

لهذه الاعتبارات النظرية التى سقناها ، اقترح كريك أن الشفرة اللازمة يحتمل تماما أن تكون شفرة ثلاثية لأنها تعطينا عددا مناسبا للغاية وقريبا من الحدود التى نحتاج اليها ٠٠٠ وقد كنا نستطيع أن نبنى مناقشتنا على أساس شجرة احتمالية على النحو التالى : ـ



ولكن المساحة المتاحة لنا على هذه الصفحة لاتسمح بامتداد فروع الشجرة أكثر من الفروع الأولية المذكورة والا أصبحت شجرة شديدة الكثافة للغاية .

الدلائل التجريبية على ثلاثية الشفرة :

لم يقتصر كريك على تقديم فرض الشفرة الثلاثية بل انه قد قام أيضا بالتحقيق التجريبى لهذه الثلاثية مشتركا فى هذا مع بارنين وبرينر ودانس ونوبين عام ١٩٦١ .

استخدم كريك وزملاؤه فى تجاربهم مركبات كيميائية خاصة من شأن استعمالها أن يؤدى الى اضافة أو حذف احدى القواعد الأربعة من جزىء ح . ر . ن أو ح . د . ن فلو كان التتابع القاعدى على طول الحامض ممثلا بالتتابع

أ ج س أ ج س أ ج س أ .

ولو أننا حذفنا القاعدة س الأولى فى هذا التتابع فانه يصبح :

أ ج أ ج س أ ج س .

فما تأثير هذا على الشفرة ؟ ان ذلك يتوقف على عدد مفردات الشفرة فلو كانت الشفرة أحادية مثلا فسيقتصر تأثير الحذف على حامض أمينى واحد هو الذى يشغل هذا الموضع فقط وان كانت الشفرة ثنائية فان تأثير هذا سيكون بالغا وسيمتد لمسافة طويلة على طول الجزىء كما يتضح مما يلى :

الشفرة الثنائية قبل الحذف أج ، سأ ، جس ، أج ، سأ .

الشفرة الثنائية بعد الحذف : أج ، أج ، سأ، جس، أج .

وبالمثل لو كانت الشفرة ثلاثية فان حذف القاعدة(س) سيؤدى الى تغير الشفرة تغييرا كليا .

الشفرة الثلاثية قبل الحذف : أجس ، أجس ، أجس .

الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أجأ ، جسأ ، جس أ .

ماذا يحدث لو أننا حذفنا قاعدتين متتاليتين س و أ ؟ ان ذلك أيضـا يتوقف على عدد مفردات الشفرة فلو كانت أحادية فان الاختلال سيكون قاصرا على موضعين فقط أما ان كانت ثنائية فالخلل سيكون قاصرا على موضع واحد :

الشفرة الثنائية قبل الحذف : أج ، سأ ، جس ، أج ، س أ .

الشفرة الثنائية بعد الحذف : أج ، ، جس ، أج ، س أ .

ولكن حذف قاعدتين سيكون له بالغ الأثر فى حالة ثلاثية الشفرة :

الشفرة الثلاثية قبل الحذف :أجس ، أجس ، أجس ، أجس .

الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أجج ، سأج ، سأج ، سأج •

اما بعد حذف ثلاث قواعد فان الشفرة الأحادية ستتأثر فى هذه المواضع الثلاثة فقط ومن السهل أيضا أن نرى أن الشفرة الثنائية ستتغير تماما •

أما فى حالة الشفرة الثلاثية فسيقتصر التغير على موضع واحد فقط :

الشفرة الثلاثية قبل الحذف : أجس ، أجس ،أجس
الشفرة الثلاثية بعد الحذف : أجج ، أجس ، أجس

ان النتائج التى حصل عليها كريك قد دلت بالفعل على أن حذف قاعدة واحدة أو قاعدتين متتاليتين كان له تأثير بالغ على الشفرة على حين أن حذف ثلاث قواعد كان تأثيره قاصرا على مكان واحد فقط مما يؤكد ثلاثية الشفرة•

ان هذا النمط التجريبى يمثل أسلوبا فريدا لاختبار الفرض بشكل تتابعى وتصاعدى دون ترك ثغرات فى النسيج المنطقى لهذه الاحتمالات وهو أسلوب من الممكن أن يستخدم على نطاق واسع فى مجالات أكثر تعقيدا •

ونحن الآن مستعدون للعودة الى نموذج نيرنبرج وميتهاى لنكرر تجاربهما مستخدمين أحماضا نووية صناعية ذات تتابع تكرارى ثلاثى ولنضيف الى نموذجنا التجريبى حامضا واحدا فى التجربة الواحدة ولنلاحظ أيا من الاحماض

الأمينية العشرين يقدر على دخول الريبوسوم ليساهم فى بناء جزىء البروتين •

أن الأمر لم يعد عسيرا بعد أن اقتصر على الأربعة والستين حامضا نوويا ذات التتابع الثلاثى • وبهذه الطريقة المنظمة تمكنت مجموعات الباحثين من التعرف على الشفرة كاملة للعشرين حامضا أمينيا وذلك فى الفترة من ١٩٦١ الى ١٩٦٦ الأمر الذى لم يكن ممكنا بدون تعيين عدد مفردات الشفرة •

ان الطريق الى هذا يعد مثالا واضحا للبحث المنظم عن العوامل الحاسمة وسط بحور المتغيرات التى يحويها الواقع البيولوجى •

الفصل الخامس

استمرار الذات البيولوجية

لعل من المفيد لنا الآن أن نسترجع بعض الحقائق التي اكتسبناها في الفصول السابقة قبل أن نستأنف رحلتنا .

اننا نعلم أن جزيء ح . ر . ن . (ريبوسومى) يحتوى على شفرة كاملة لبناء جزيء البروتين ، كما أننا نعلم أن كل نوع من أنواع البروتين يتميز بطول ثابت لجزيئاته وكذلك بتتابع دقيق للأحماض الأمينية المكونة له وذلك يستلزم أن تكون لكل فصيلة من فصائل البروتين شفرة خاصة به تتكون من تتابع تكرارى لثلاث من القواعد تمتد على طول جزيء ح . ر . ن . (ريبوسومى) خاص بهذا النوع بالذات ، وهذا التتابع التكرارى يضمن وصول الأحماض الأمينية التى تنقلها جزيئات ح . ر . ن . (ناقل) الى أماكنها على سطح الريبوسوم ، حيث أن لكل حامض أمينى عددا محدودا من الجزيئات الناقلة تختص بنقله الى القسم من جزيء ح . ر . ن . (ريبوسومى)

المحتوى على التتابع القاعدى المكمل لقواعده

ان استمرار الخلية فى تكوين جزيئات بروتين معين يعتمد على قدرتها على الاحتفاظ بطول هذا الجزىء وبتتابع أحماضه الأمينية وذلك يعنى بداهة ضرورة استمرار وجود الشفرة الثلاثية على طول جزىء ح٠ر٠ن (ريبوسومى)

وقد يكون من المفيد ان نستعين بمثل ، وليكن ذلك مركب الهيموجلوبين فنحن نعلم أنه المركب الرئيسى لخلايا الدم الحمراء وتتكون جزيئاته من قسمين أكبرهما بروتين وهو القسم الذى يعنينا هنا ، وللهيموجلوبين عدة فصائل تختلف باختلاف هذا القسم البروتينى ، وتنتمى الغالبية العظمى من جزيئات الهيموجلوبين فى دم البالغين الى فصيلة واحدة ٠ ويتكون جزىء البروتين فى أى من هذه الفصائل من سلسلتين تتكون كل منهما من تتابع حوالى ١٥٠ حامضا أمينيا ، الواحد تلو الآخر فى نظام ثابت يمين كل فصيلة عن غيرها ، ويستمر الفرد البالغ فى تكوين نفس جزىء البروتين طوال سنين عمره دون تبديل أو تغيير مما يدل على وجود شفرة شديدة الاحكام فالأمر لايحتمل غير ذلك فقد يكفى حدوث خطأ طفيف فى التتابع الأمينى لأن يكون جزىء الهيوجلوبين الناتج من نوع يسبب وجوده أمراضا بالغة الخطورة ٠٠ وليس الأمر قاصرا على اليهيموجلوبين فان الكثير من البروتينات المختلفة تعتمد خصائصها الحيوية على تركيبها ولذا فانه من اللازم لنا الآن أن نطرح مسألة استمرار

الشفرة وثباتها للبحث • فندرس معا كيفية استمرار تكون الأنماط المختلفة من جزيئات البروتينات • ومن الواضح اننا لا بد وأن نستعين بمنهج علمى كفء لكى نستطيع أن نتناول هذه المسألة الأساسية تناولا يمس سرا رائعا من أسرار نشاط الخلية الحية •

أولى الخطوات : استعراض للحقائق :

ان أولى خطواتنا يجب أن تتناول عرضا لأهم الحقائق العلمية المعروفة لدينا مما قد تكون لها علاقة بمسألة استمرار الشفرة ولنذكر هنا عددا منها :

الحقيقة الأولى : خلايا أجسامنا تتجدد باستمرار بمعنى أن عددا منها يفنى ويستهلك كل يوم وأن هذا العدد يستبدل بخلايا جديدة تنتج من انقسام الخلايا القديمة ، فمن المعلوم مثلا أن خلية واحدة تقريبا من كل مائة خلية دم حمراء تموت كل يوم وأن الخلايا المستهلكة تستبدل بعدد مماثل ينتج عن انقسام خلايا النخاع العظمى المتخصصة فى تجديد خلايا الدم الحمراء • وعملية التجديد هذه لا يقتصر أمرها على الخلايا ككل. بل أنه من الممكن أن تجدد الخلية بعض مكوناتها مثل حبيبات الريبوسوم فمن السهل أن ندلل تجريبنا على أن الريبوسومات المستهلكة تحل محلها ريبوسومات حديثة التكوين ، بل ويمتد التجديد هذا الى المستوى الجزيئى أيضا فجزيئات الكثير من البروتينات مثلا يستمر وجودها لفترات محدودة تطول أو تقصر ، ثم تنحل لتستبدل

شكل (٧)

٢٣ زوجا من الكروموسومات التى تميز خلايا
جسم الانسان

بجزيئات جديدة من نفس النوع ، وينطبق هذا أيضا على الأحماض النووية بصنوفها المتعددة

الحقيقة الثانية : تمثل نواة الخلية الحيوانية جهاز الانقسام والوراثة • وتتكون النواة من عدد من القضبان القصيرة تسمى بالكروموسومات وهى ذات عـــدد ثابت وأشكال ثابتة تميز الكائن الحي ويبلغ هـــذا العدد فى خلايا الانسان مثلا ٢٣ زوجا كما هو مبين فى شكل (٧) • وعند انقســامالخلية الجديدة الى خليتين ينقســم كل كروموسوم طوليا الى قسمين متشابهين تماما يتجــه كل قسم منهما الى احدى الخليتين الجديدتين وتحمل الكروموسومات جهاز الوراثة الذى يتحكم فى الصــفات الظاهرة والباطنة للكائن الحى ، ومن المعلوم أن لكل صفة من الصفات الوراثية موضعا خاصا فى الكروموسوم يسمى « جين » يسيطر على النشاط الحيوى اللازم لظهور الصفة الوراثية ويحمل كل كروموسوم عددا ضخما من الجينـــات وهى مسئولة عن آلاف الصفات التى تكون فى مجموعها ما أسميناه « بالذات البيولوجية » •

الحقيقة الثالثة : أن وجود نواة الخلية الحيوانيـــة أساسى لاستمرار عملية بناء البروتين فى الخليــة وذلك واضح فى حالة خلايا الدم الحمراء فانها تســتمر فى بناء جزيء الهيموجلوبين أثناء الطور الذى يكون لها فيه نواة وهى تقضى معظم هذا الطور داخل النخاع العظمى وعنــد اكتمال نضوجها تنحل النواة وتختفى وعندئذ تفقد قدرتها

على بناء جزيئات الهيموجلوبين ٠

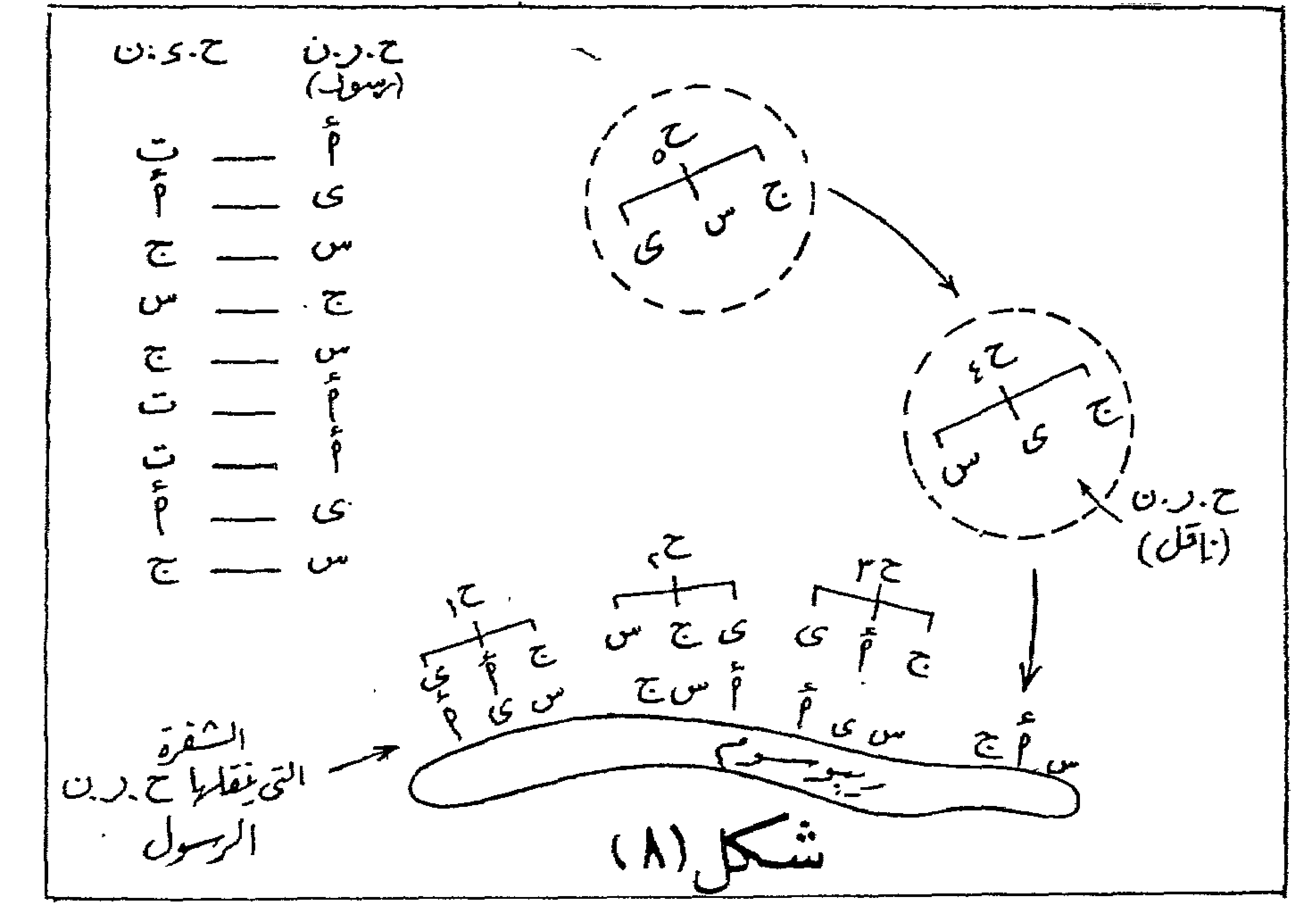
وتتضح لنا من ذلك حقيقة جوهرية ستكون مفتاحا لما سيلي من فروض عملية ، وهي الارتباط الوثيق بين جهاز الوراثة المتمركزة فى النواة وبين جهاز بناء البروتين فوق حبيبات الريبوسوم ٠ ان تلك الصلة يقدمها لنا الفرض العلمي الذى قدمه يعقوب ومونود عام ١٩٦١ ، بتقديمهما لفكرة وجود ح ٠ ر ٠ ن ٠ (الرسول) ٠

ح ٠ ر ٠ ن ٠ (الرسول) :

وجود هذا الجزىء هو المحتوى الرئيسى لفرض يعقوب ومونود وينص هذا الفرض على أن جزىء ح٠ر٠ن٠ (رسول) يتكون فوق سطح الكروموسوم داخل نواة الخلية وان ذلك يتم فى موضع يحتوى على « جين » معين عليه جزىء ح ٠ د ٠ ن ٠ يحمل النسخة الأصلية من شفرة تكوين جزىء بروتين معين أى أن لكل بروتين « جين » خاص به يحمل النسخة الأصلية من شفرة تكوينه على شكل جزىء ح ٠ د ٠ ن ٠ وهذا الجزىء لابد وأن يكون قادرا على تكوين جزيئات ح ٠ ر ٠ ن ٠ ذات تتابع قاعدى مكمل له وسنسمى هذا الجزىء بالرسول ذلك أن الفرض ينص على أنه يخرج من النواة ويتجه الى احدى حبيبات الريبوسوم حيث يستقر فوقه ليكون ما عرفناه باسم ح ٠ ر ٠ ن (ريبوسومى) ٠٠٠ كما أن يعقوب وزميله رأيا أنه من المناسب أن يفترضا أن عمر جزىء ح٠ر٠ن٠ (ريبوسومى) ينتهى بانتهاء تكون جزىء من البروتين عليه فينحل ليترك

مكانه شاغرا فوق سطح الريبوسوم ليستقر عليه رسل جدد ... وشكل (٨) يلخص لنا الصورة الكاملة لعملية بناء وتحكم ح . د . ن فيها .

دعنا نتأمل هذا الفرض بما يحتوى من مقولات ، يكن تأملنا فى ضوء مجموعات الحقائق الثلاث التى ردناها . ان هذه الحقائق تشير على حتمية وجود جهاز حكم فى نوع انتاج البروتين لاستبدال الجزيئات ستهلكة ، ولابد وأن يكون هذا الجهاز قادرا على تكوين بهزة مماثلة له تماما عند انقسام الخلية بحيث تستمر خلايا الجديدة فى تكوين نفس صنوف البروتين التى ونها الخلايا الأم لضمان استمرار الذات البيولوجية . لفرض يضمن لنا هذا الاستمرار فهو ينص على وجود سخة الأصلية من الشفرة فى الجين على شكل جزىء . د . ن . ولهذا الجزىء من الصفات ما يؤهله لذلك و جزىء طويل للغاية يحتوى فى المتوسط على ٢٠٠٠ حدة تتتابع على طول الجزىء على النحو الذى سبق أن يناه ، وكل وحدة تحتوى على احدى القواعد الأربع ، و اذن يتميز بالتنوع العظيم لجزيئاته بحيث أنه ليس ، العسير أن نتصور وجود عدد كاف من النسخ الأصلية سفرات العدد الضخم من جزيئات البروتين الذى تحتويه لايا جسمنا ، ونستطيع كذلك أن نتصور أن جزىء . د . ن . يحمل الشفرة اللازمة لتكرار نفسه وبناء جزىء ح . د . ن . مماثل له تماما ، ويرجع الفضل فى

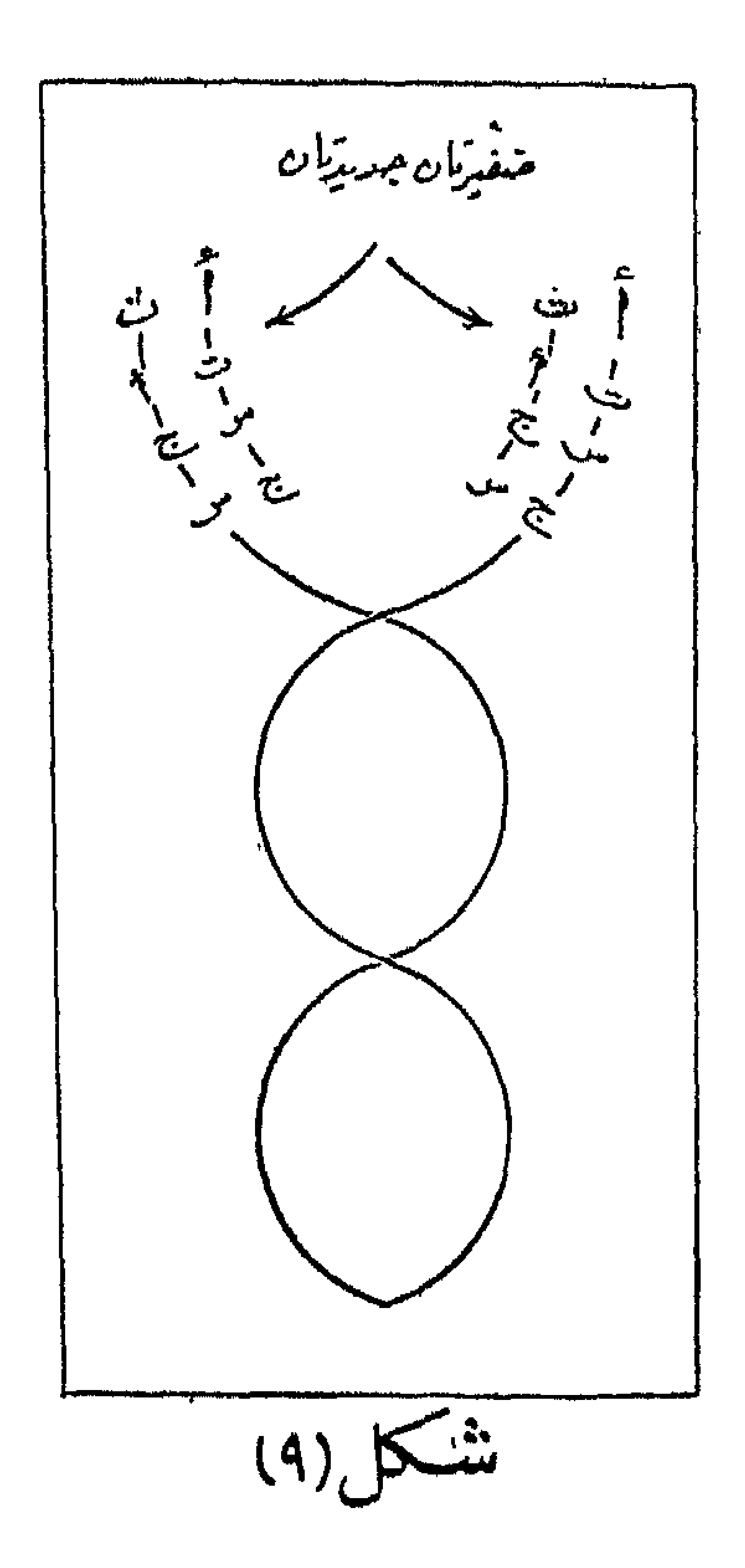


التحكم فى عملية بناء جزىء البروتين : توجد النسخة الأصلية من الشفرة في الجين على شكل جزىء ح.ء.ن فى احدى الكروموسومات الموجودة فى نواة الخلية ويتكون على سطحه جزىء ج.ر.ن ذو تتابع قاعدى مكمل لقواعده وينتقل ح.د.ن (رسول) المتكون الى جسم الخلية ليستقر على سطح الريبوسوم. وتحمل جزئيات ح.ر.ن (ناقل) الأحماض الامينية المختلفة وتستقر على سطح الريبوسوم فى الاقسام المحتوية على تتابع قاعدي مكمل لقواعد ح.ر.ن (ناقل) .

ذلك الى وجود ضفيرتين مكونتين لجزيئه ، ويبدأ ذلك بانقطاع الوصلات المستعرضة التى تصل الضفيرتين على النحو المبين فى شكل (٩) · وليس من الصعب علينا أن نتصور أن عملية الانقسام هذه تصاحب عملية انقسام الخلية الى خليتين وأن كل ضفيرة تتجه نحو احدى الخليتين الجديدتين ، وأن الضفيرة الواحدة قادرة على أن تكون ضفيرة ثانية وذلك بأن تجذب قواعدها المتتالية القواعد المكملة لها والموجودة فى حالة طليقة فى العصير السائل الذى تحتويه نوايا الخلايا الجديدة ، وذلك بأن تجذب القاعدة أ القاعدة ت أما القاعدة س فتجذب اليها القاعدة ج ··· وبذلك يتكون جزىء ح · د · ن · فى كل من الخليتين الجديدتين ذو ضفيرتين مماثلتين تماما للجزىء الأصلى ·· ولو أردنا تلخيص ذلك فلعله من المفيد أن نقول بأن « الانقسام الخلوى يصاحبه انقسام جزيئى » ·

ان ذلك التصور يضمن لنا استمرار وجود الشفرة الأصلية وتجددها وانتقالها من جيل الى جيل من الخلايا ومناسب تماما لحاجتنا الى وجود هذا الجهاز ·

والفرض يقرر كذلك أن النسخة الاصلية من الشفرة توجد فى المواضع التى سميناها بالجين ، وهى تحمل الصفات الوراثية · ومن السهل علينا اثبات هذا الارتباط فقد ذكرنا فى الفصل السابق أن هناك مركبات كيميائية قادرة على أحداث تغييرات فى التتابع القاعدى للاحماض



شكل (٩)

انقســـام ضفيرتى جزىء ح٠٠ن الذى يصــاحب انقسام الكروموسوم ويبدا بزوال الوصلات المستعرضة ثم تتكون ضفيرة جـديدة على سـطح كل ضـفيرة ذات تتابع قاعدى مكمل لقواعدها وبذا يتكون جزىء جديد هو صــورة طبق الأصل من الجزىء القديم .

النووية وذلك بأن نضيف قاعدة جديدة أو تحذف احدى القـــواعد فى موضع أو أكثر على طول جزيئات الحامض النووى •• ولو استخدمنا هذه المركبـات بقدر محسوب فاننـــا نستطيع أن نحدث تغييرات فى التتـابع القاعدى للأحماض النووية المكونة للجين • وقد استخدم كريك هذه المركبات لتغيير الجين وتعديل تركيبه وأدى ذلك بالفعل الى تغيير شفرة تكوين البروتين •• وقد سبق لنا أن استعنا بهذه المركبات لاثبات ثلاثية الشفرة فى الفصل السابق •

ومن الســـهل كذلك أن نورد بعض الأدلة الاخرى لارتبـــاط النسخة الأصلية من الشفرة بجهـاز الوراثة ، ونستطيع أن نستعين هذه المرة بمثل الهيموجلوبين ، فمن المعـــلوم لدينا أن ثمة أمراضا وراثية تؤدى الى تكوين جزيئات غير عادية من الهيموجلوبين وهذا الشذوذ الوراثى ممكن ربطه بوجـــود جين خاص فى موضـــع معين فى أحد الكروموسومات ، وبعض هذه الجزيئات الشـــاذة يختلف تركيبها اختلافا طفيفا عن الجزيئات العادية مثل أن يستبدل حامض أمينى معين بحامض آخر فى احدى المواضع ، وذلك يعنى أن شفرة بناء الهيموجلوبين الشـاذ مرتبـطة بوجود نسخة أصلية من الشفرة الشاذة فى جين معين مما يضمن استمرار تكوين الهيموجلوبين الشاذ بواسطة الخلايا الجديدة الناتجة عن انقسام الخلايا القديمة كما يضمن توريث هذا الشذوذ من جيل الى آخر •

وبالتأمل فى فرض يعقـوب ومونود مرة أخرى نرى

أنه من اللازم أن يحتوي الجين على جزيئات ح٠د٠ن٠ ذات تتابع قاعدى مكمل لتتابع قواعد جزىء ح٠ر٠ن٠ (رسول) الذى يحمل الشفرة ٠ وقد تمكن عدد من الباحثين من اثبات وجود هذه الجزيئات واستخدموا فى ذلك نموذجا تجريبيا بسيطا : فمن المعروف أن البكتريا لا تحتوى خلاياها على نواة بل ان جهاز الوراثة فيها يختلط فى جسم الخلية بجهاز بناء البروتين ، أما جهاز الوراثة فتمثله جزيئات ح٠د٠ن٠ السابحة فى العصير الخلوى ، وتحتوى الخلية على ريبوسومات تتكون على سطحها جزيئات البروتين تماما كما يحدث فى الخلايا المحتوية على نواة ٠ وقد تمكن الباحثون من فصل جزيئات ح٠د٠ن٠ ذات تركيب قاعدى مكمل لقواعد جزيئات ح٠ر٠ن٠ ، ولكن وجود مثل هذه الجزيئات فى الخلايا الحيوانية ذات النواة ليس بالامر القاطع ولذا فان فرضنا بوجود جزىء ح٠ر٠ن٠ (رسول) فى الخلايا الحيوانية ما زال فى مرحلة الفرض العلمى ، الا أن سلامته العلمية كفرض تستمد وجودها من العديد من الشواهد التجريبية التى «لا تتناقض» معه بالرغم من أنه من السهل أن نرى أن من بين النتائج المحتملة منطقيا لتجاربنا مايمكن أن يدحض الفرض وذلك يضفى صفة السلامة العلمية على فرضنا كما سبق أن اتفقنا

ان آخر محتويات الفرض تقرر أن جزىء ح٠ر٠ن٠ الرسول يستقر على سطح الريبوسوم وأن عمر هذا الجزىء ينتهى بانتهاء تكوين جزىء واحد من البروتين ثم ينحل ويترك

مكانه شاغرا ليستقر عليه الرسل الجدد ٠٠ ان هذا القسم من الفرض يعنى أن تكوين جزىء واحد من البروتين يؤدى الى استهلاك جزىء ح ٠ ر ٠ ن ٠ (رسول) بعد استقراره على سطح الريبوسوم ٠ وهذا يعتبر معدلا عاليا من الاستهلاك ويعنى أن الخليـــة لابد وأن تكون قادرة على تكوين العــدد الهائل من الأحماض النووية الرسولة اللازمة لتكوين ملايين جزيئات البروتين التى تكونها الخلية كل يوم ، ومن الثابت بالفعل أن الخلية الحية قادرة على تجديد أحماضها النووية من نوع ح ٠ ر ٠ ن ٠ بسرعة فائقة ، بحيث تقدر على تزويد جهازها البنائى بعدد كاف منهــا وذلك يتفق مع افتراض استهلاك الحامض النووى فور اتمام بناء جزىء البروتين ٠

الاستمرار لا يعنى الجمود :

ان الصورة التى لدينا الآن للذات البيولوجية تشمل ما يضمن استمرارها فجهاز الانقسام يكرر شفرة البناء لدى انقسام الخلية ، وهذه الشفرة تنتقل أيضا من جيل الى الجيل التالى له لارتباط وجود الشفرة بجهاز الوراثة ٠٠ هذا كله جميل ورائع ولكنه خليق بأن يثير فى العقول المتســائلة بعض القلق فهــذا الثبات قـــد يوحى الينا بالجمود وبأنه لا جديد تحت الشمس ما دام النشاط البنائى يسير حسب أنماط ثابتة تتحكم فيها شفرة قادرة على أن تكرر نفسها جيلا بعد جيل ، وقد تبدو هذه الصورة متناقضة مع مانعلمه من قدرة الكائن الحى على التغيير والنمو والتلاؤم مع البيئة

والقدرة على اكتساب قدرات وخصائص جديدة وقد كان ثمار هذا كله ما نعلمه من تطور الكائنات الحية وارتقائها على مدى الزمن والاجيال ..

علينا الآن أن نواجه هذا التناقض بين مقتضيات استمرار الذات البيولوجية فى الأمد القصير خلال الأيام والشهور وبين ضرورات النمو والارتقاء والتطور على المدى الطويل الممتد على طول أعمار الافراد والاجيال ، ولا بد من أن نبحث فى أجهزتنا البيولوجية عما يسمح بحل التناقض بين ضرورات البناء والاستمرار وحتمية التغيير الذى تفرضه ظروف البيئة ، هذا التناقض الذى يمثل واقعا بيولوجيا فريدا كشفت أسراره فى الأعوام الاخيرة ، ونحتاج لمواجهة هذا التناقض الى طرح بعض الاسئلة التى تمس هذا الجانب الهام من النشاط البيولوجى ، ولعله من المفيد أن تكون أولى أسئلتنا : هل من الممكن استحداث شفرة جديدة ؟ لأن هذا السؤال يثير مشكلة امكانية قيام نشاط بنائى من نوع جديد لم يكن موجودا من قبل فى الخلية أو فى أسلافها ، فاستحداث نوع جديد من النشاط يستلزم وجود شفرة هذا البناء ، فان كانت اجابتنا عن هذا السؤال ايجابية فذلك خليق بأن يزيل الكثير من أسباب القلق التى ساورتنا عندما واجهتنا حقائق استمرار الذات البيولوجية. ودراسة عمليات استحداث نشاط بنائى جديد تمثل فصلا مثيرا من دراسات البيولوجيا الجزيئية ، وقد تمت معظم هذا الدراسات باستخدام نماذج تجريبية مبسطة ممثلة فى أنواع

معينة من البكتريا • وقد سبق لنا أن عرفنا أن جهاز الوراثة فى هذه الكائنات يختلط بالجهاز البنائى فى أجسامها ، ولدى الباحثين اليوم العديد من المركبات الكيميائية التى يؤدى تعريض هذه الكائنات لها بقدر محسوب الى استحداث عمليات كيميائية جديدة فى أجسام هذه الكائنات لم تكن لها القدرة على القيام بها من قبل ، ان أهم ما يستحدث نتيجة لذلك هو قدرة الخلية على تكوين الخمائر والعوامل المساعدة اللازمة لهذا النشاط البنائى الجديد ، وهذه الخمائر ان هى فى واقع الامر الا بروتينات يلزم لتكونها وجود شفرة خاصة بها •• فهل يؤدى ظهور النشاط البنائي الجديد بالفعل الى استحداث شفرة جديدة ؟

نحن نعلم أن وجود هذه الشفرة يرتبط بوجود جين معين أى يحتاج الى جزىء ح•د•ن• يحمل النسخة الأصلية للشفرة ويكون جسم الجين •• ولنقم الآن بتجربة صغيرة• تبدأ بتعريض مجموعة من البكتريا من نوع مناسب لمادة من المواد القادرة على استحداث نشاط كيميائى جديد ، وسنلاحظ أن النشاط البنائى الجديد سينتقل الى ذرية هذه البكتريا مما يدل على ارتباط النشاط البنائى الجديد بجهاز الانقسام والوراثة •

دعنا الآن نستخلص من أجسام هذه البكتريا الأحماض النووية من نوع ح•د•ن• الذى نعلم أنه يحمل

النسخ الأصلية من شفرات بناء فصائل البروتينات المختلفة، ودعنا نعرض خلايا بكتريا لم يسبق تعرضها للمواد المستحدثة لهذه الاحماض النووية ·· ان ما سيحدث عندئذ يتوقف على انتشار الاحماض النووية الى داخل خلايا البكتريا واختلاطها فى عصير خلاياها بما يحتوى من مركبات ، فان كانت هذه الاحماض تحمل شفرة بناء البروتينات الجديدة فسرعان ما ستتكون جزيئات ح·ر·ن· (رسول) ذات تتابع قاعدى مكمل لجزىء ح·د·ن· حامل النسخة الأصلية ، وان هى الا لحظات وينتقل الرسول الى الريبوسوم ليستقر فوقه لبناء جزيئات بروتين من نوع لم يسبق للخلية بناء مثله ·

ماذا تعنى هذه النتيجة ؟ ان أهم ما تعنيه هو زيادة التأكيد على ما يجمع جهاز البناء وجهاز الوراثة من صلات ، فانه يكفى وجود الجين الخاص بنشاط معين لكى يتبع هذا وجود الظروف الاخرى اللازمة لاتمام عملية البناء ، كما يعنى أيضا امكانية استحداث نشاط جديد فى الخلية باستحداث جين يحمل شفرة عملية البناء الجديدة وقادر على تكوين رسل هذا النشاط الى حبيبات الريبوسوم ، وظهور هذا الجين الجديد هو ما يسميه علماء الوراثة بالطفرة الوراثية · هذه النتيجة خليقة بأن تزيل صفة الجمود عن الذات البيولوجية ، وهى ليست مجرد نتيجة حصلنا عليها باستخدام نموذج مبسط معين بل ان لها دلاله بيولوجية عميقة فى حياة الكائنات الحية التى تتعرض فى حياتها اليومية لعشرات ومئات المؤثرات القادرة على

احداث الطفرات والتى تؤدى الى ظهور جينات جديدة منها ما يساعد الكائن على البقاء فى عالمه المتغير ومنها ما يساعده على مقاومة ما يستجد فى وسطه من ظروف معادية ٠ ومن الظواهر الشهيرة لذلك اكتساب بعض البكتريا القدرة على تحطيم المضادات الحيوية مثل البنسلين والستربتوميسين وغيرهما ، فوجود مثل هذه المركبات يعتبر بالنسبة لعالمها بمثابة الكوارث والقوى المعادية تسـقط أول الأمر لها الضحايا والقتلى ، ولـكن يظهر بالتدريج جين جديـد فى أجسام هذه الميكروبات نتيجة لتعرضها للمضادات الحيوية، وظهور هذا الجين يؤدى الى تكوين الأنزيمات التى تسبب تحطيم المضادات الحيوية وابطال مفعولها ، وتنتقل هذه الجينات من جيل الى جيل ٠ وفى اسـتطاعتنا أن نكرر تجربتنا الأخيرة وأن ننقل هذه القدرة الى البكتريا التى لم يسـبق لها التعرض للمضادات الحيوية بأن نعرضها للأحماض النووية من نوع ح ٠ د ٠ ن ٠ مسـتخلصة من بكتريا سبق لها أن اكتسـبت القدرة على المقاومة ، هذا التعريض يكفى تماما لأن يستحدث فى أجسـام البكتريا الخمائر اللازمة لتحطيم المضادات الحيـوية ٠٠٠ وما ينطبق على عالم البكتريا يسرى على غيرها من عالم الكائنات الحية بمافيها الانسان ٠

فاستمرار الذات البيولوجية اذن لا يعنى جمـود الحياة أو ثباتها ففى أعماق كل منا السر الالاهى الخالد للتقدم والارتقاء والتطور ٠

فهرست

دار الكاتب العربي للطباعة والنشر
بالقاهرة

ملتزم التوزيع
في الجمهورية العربية المتحدة وجميع أنحاء العالم
الشركة القومية للتوزيع

مكتبات الشركة بالجمهورية العربية المتحدة

١ ـ فرع شريف	٣٦ شارع شريف	تليفون ٤٠٠١٢ القاهرة
٢ ـ فرع ٢٦ يوليو	١٩ شارع ٢٦ يوليو	٥٥٠٣٢ القاهرة
٣ ـ فرع ميدان عرابي	٥ ميدان عرابي	٤٦٣٨٣ القاهرة
٤ ـ فرع المبتديان	١٣ شارع محمد عز العرب	٢١١٨٧ القاهرة
٥ ـ فرع الجمهورية	٢٢ شارع الجمهورية	٩١٠٧٤٩ القاهرة
٦ ـ فرع عابدين	١٤ شارع الجمهورية	٩١٤٢٢٣ القاهرة
٧ ـ فرع الحسين	ميدان الحسين	القاهرة
٨ ـ فرع الجيزة	١ ميدان الجيزة	٨٩٨٣١١ القاهرة
٩ ـ فرع أسوان	السوق السياحي	٢٩٣٠ أسوان
١٠ ـ فرع الإسكندرية	٤٩ ش سعد زغلول	٢٥٩٢٥ الإسكندرية
١١ ـ فرع طنطا	ميدان الساعة	٢٥٩٤ طنطا
١٢ ـ فرع المنصورة	ميدان المحطة	المنصورة
١٣ ـ فرع أسيوط	شارع الجمهورية	أسيوط

مراكز ووكلاء الشركة خارج الجمهورية العربية المتحدة

١ ـ مركز توزيع الجزائر	شارع بن مهيدي العربي رقم ١١ مكرر	الجزائر
٢ ـ مركز توزيع لبنان	شارع دمشق	بيروت
٣ ـ مركز توزيع العراق	ميدان التحرير	بغداد
٤ ـ عبد الرحمن الكيالي	شارع ٢٩ آيار ـ دمشق	سوريا
٥ ـ الشركة العربية للتوزيع	ص ب رقم ٤٢٢٨ بيروت	لبنان
٦ ـ قاسم الرجب	مكتبة المثنى ـ بغداد	العراق
٧ ـ رجا العيسى	وكالة التوزيع ـ عمان	الأردن
٨ ـ عبد العزيز العيسى	دار التوزيع ص.ب ١٥٧١	الكويت
٩ ـ وكالة المطبوعات	الكويت	الكويت
١٠ ـ مكتب الوحدة العربية	شارع عمرو بن العاص ـ ليبيا	بنغازي
١١ ـ محمد بشير الفرجاني	٥٣ شارع عمرو بن العاص	طرابلس
١٢ ـ الشركة الوطنية للتوزيع		تونس
١٣ ـ وكالة الأهرام	شارع الرشيد	عدن
١٤ ـ المكتبة الوطنية	المنامة ـ الخليج العربي	البحرين
١٥ ـ مكتبة العروبة	ص.ب ٤٢ و ٦٤	الدوحة
١٦ ـ عبد الله حسين الرستماني	المكتبة الأهلية ص.ب ٢٦١	دبي/عمان
١٧ ـ المكتبة الحديثة	ص.ب ٢٧	مسقط
١٨ ـ أحمد سعيد حداد	المكتبة الوطنية ص.ب ٢٥	المكلا
١٩ ـ مكتبة دار القلم	شارع عبد المغني ميدان التحرير	صنعاء
٢٠ ـ علي إبراهيم شيخ	ص.ب ٨٣	أسمرة
٢١ ـ عبد الله قاسم الحرازي	ص.ب ١٧١٤	أديس أبابا
٢٢ ـ مكتبة سيتر	ص.ب ٩٣٦	مقديشيو
٢٣ ـ عبد الله غانم محمد	ص.ب ٨٤٥	ممباسا
٢٤ ـ مكتب توزيع المطبوعات العربية	لندن	لندن
٢٥ ـ المكتب التجاري الشرقي	٤٠ ش كندهار ص.ب ٢٠٠٥	سنغافورة
٢٦ ـ مكتبة مصر		الخرطوم
٢٧ ـ مكتبة النصر		وادي مدني
٢٨ ـ زكي جرجس بطرس	ص.ب رقم ١٥٥	الخرطوم
٢٩ ـ إبراهيم عبد القيوم	مكتبة القيوم ص ب ٤٨٠	بور سودان
٣٠ ـ عوض الله محمود دبورة	مكتبة دبورة ص.ب ٢٤	عطبرة
٣١ ـ عيسى عبد الله	المكتبة الوطنية ص ٢١٥	وادي مدني
٣٢ ـ مصطفى صالح	ص.ب ٤٤	كوستي

أسعار البيع للجمهور في الدول العربية

سوريا ٣٠ قرش سوري ـ لبنان ٣٠ قرش لبناني ـ الأردن ٣٠ فلس ـ العراق ٣٠ فلس ـ الكويت ٤٠ فلس ـ السودان ٣٠ مليم ـ ليبيا ٣٠ مليم ـ قطر ٥٠ درهم ـ البحرين ٥٠ فلس ـ عدن ٧٥ سنت ـ أديس أبابا ٣٠ سنت ـ أسمرة ٣٠ سنت ـ الجزائر ٥٠ سنتيم .



الدكتور حسن كامل عواض

- أستاذ العلاج بالاشعاع بكلية الطب بجامعة الاسكندرية .
- له ٢٣ بحثا منشورا فى انجلترا والولايات المتحدة وعشرة بحوث منشورة فى المجلات الطبية المصرية .
- تدور بحوثه حول اكتشاف الأمراض السرطانية وعلاجها واستخدم المواد المشعة فى قياس معدلات تكوين بروتينات الدم .
- نال جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الطبية عام ١٩٦٦ .
- حائز على وسام الاستحقاق .



دار الكاتب العربى ـ صحافة